Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

Diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios en un almacén de aduanas, utilizando tecnología RFID

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión de Operaciones y Servicios Logísticos

AUTOR

Yasser Hipólito YARÍN ACHACHAGUA

ASESOR

María del Rosario Elsa PÁRRAGA VELÁSQUEZ

Lima, Perú

2017

Referencia bibliográfica

Yarín, Y. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios en un almacén de aduanas, utilizando tecnología RFID*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

356

8(a)

125

UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº 04-UPG-FII-2017

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN MAESTRÍA EN GESTIÓN DE OPERACIONES Y SERVICIOS LOGÍSTICOS

En la ciudad de Lima, del día diecisiete del mes de febrero de dos mil diecisiete, siendo las doce horas, en acto público se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN UN ALMACÉN DE ADUANAS, UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID"**, para optar el Grado Académico de Magíster en Maestría en Gestión de Operaciones y Servicios Logísticos.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido.....Aprobado..... con la calificación de.....Dieciseis (16).....

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Maestría en Gestión de Operaciones y Servicios Logísticos, al **Bach. YARÍN ACHACHAGUA, YASSER HIPÓLITO.**

En señal de conformidad, siendo las.....13:15..... horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

Dr. TINOCO GÓMEZ, OSCAR RAFAEL
Presidente

Mg. ESPONDA VÉLIZ, JORGE JOSÉ
Miembro

Mg. RIVERA POMA, JUAN MANUEL
Miembro

Mg. ROSALES LÓPEZ, PEDRO PABLO
Miembro

Mg. PÁRRAGA VELÁSQUEZ, MARÍA DEL ROSARIO ELSA
Asesora

Índice General

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE CUADROS

RESUMEN

La presente investigación busca identificar el estado del arte y la implementación de la Tecnología RFID en la gestión de almacenes y su aplicación en la industria. Se obtuvo los indicadores necesarios para determinar las mejoras obtenidas después de su diseño e implementación, permitiendo fundamentar la reducción del tiempo de atención y los costos de operación. Se establece un procedimiento para la implementación de un sistema de localización y control de inventarios que utiliza tecnología RFID.

A partir de la investigación realizada, se identifica que las tecnologías aplicadas a la gestión de almacenes contribuyen a la simplificación de las operaciones y reducción de costos, mientras que los principales obstáculos para su diseño e implementación son los altos costos de la tecnología y la inadecuada estructuración de los procesos.

Palabras clave: Tiempo de atención, Costo de operación y Tecnología RFID.

ABSTRACT

This research seeks to identify the state of the art and the implementation of RFID technology in warehouse management and its application in industry. The necessary indicators were obtained to determine the improvements obtained after its design and implementation, allowing support of reducing attention span and operating costs. A procedure for implementing a tracking system and inventory control using RFID technology is established.

From research conducted, it identifies the technologies applied to warehouse management contribute to streamlining operations and reducing costs, while the main obstacles to their design and implementation are the high cost of technology and inadequate structuring the processes.

Keywords: Time Attendance, Cost of operation and RFID technology.

INTRODUCCION

La optimización de los procesos logísticos significa mayor competitividad y menos costos para las empresas, en estos días las empresas están tomando consciencia sobre la importancia de la logística en la reducción de costos innecesarios. El costo de la logística en el Perú representa entre el 20% y 30% sobre las ventas, mientras que en países más desarrollados como Estados Unidos es del 8%.

Para cualquier empresa que opere como almacén, uno de los desafíos que debe afrontar es cómo gestionar los productos de una manera eficaz, eficiente y económica, una vez que son almacenados para su despacho. De aquí se desprenden conceptos como la logística, inventariado y trazabilidad, así como la necesidad de tener una continuidad en la información de los productos. El no gestionar correctamente los productos en la etapa de almacenamiento, ocasiona desventajas que afectan a las empresas tanto en lo económico (pérdidas de productos por una logística defectuosa) como en la imagen de la compañía, perdiendo oportunidades de negocio por los retrasos de entrega. Un correcto manejo de los productos en su almacenamiento, es primordial. Una gestión competente y una correcta logística son cruciales para un correcto inventariado y trazabilidad de la mercancía.

Actualmente, el proceso de almacenamiento de contenedores y carga suelta tienen deficiencias, las que repercuten en el aumento de costos y tiempo de operación. Para encontrar una solución factible a esta problemática es necesario conocer en detalle qué lo origina, conocer la manera en cómo se almacenan e identifican los objetos almacenados. El siguiente estudio busca dar una solución eficaz a lo anteriormente expuesto, mediante el uso de una de las tecnologías emergentes como la identificación por radiofrecuencia.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

El Callao o Provincia Constitucional del Callao es una ciudad ubicada en la costa central a 14 km del centro de Lima, y en conjunto con esta última, forman una de las metrópolis más grandes de América Latina (INEI[1], 2007). Posee una posición geográfica privilegiada en términos estratégicos, tanto para el Perú como para los demás países de Sudamérica.

El Callao se ubica en una bahía protegida por la isla San Lorenzo e isla El Frontón y por los islotes Cavinzas y Redondo, en la desembocadura del río Rímac, tal como se presenta en la Figura 1. Limita con la provincia de Lima, en el norte con el distrito de Santa Rosa; en el sur con el distrito de San Miguel; y en el este con los distritos del Cercado de Lima, Puente Piedra y San Martín de Porres. Mientras que por su límite occidental es bañado por el Océano Pacífico (INEI, 2007).

En el año 2007 contaba con una población de 876,897 habitantes, lo que representaba el 3.2% de la población total del Perú. El 47.4% de esta población se concentraba en el distrito del Callao, que es la capital de la provincia. En la Figura 2 se presenta la población por distrito.

[1] INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

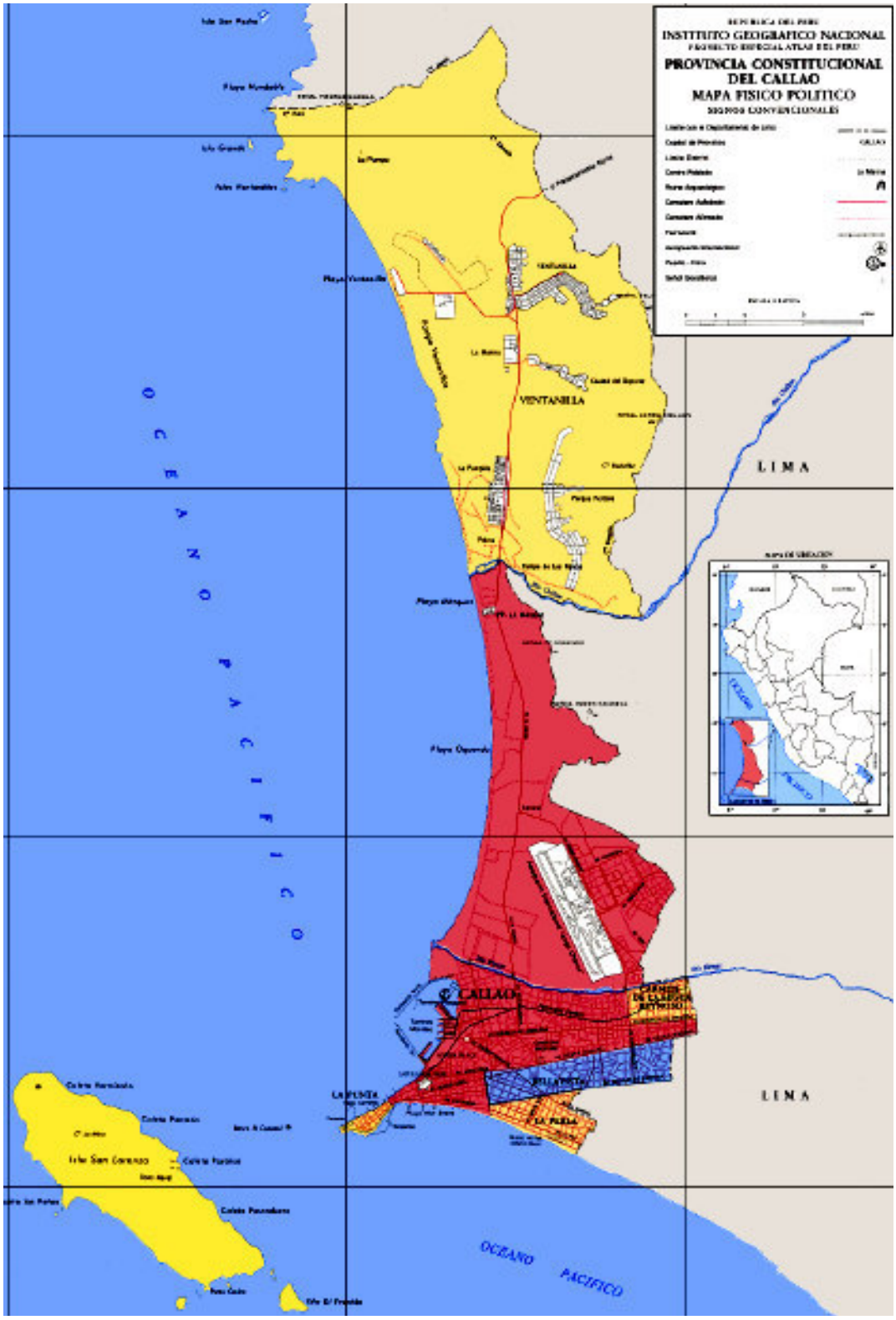


Figura 1. **Mapa del distrito del Callao.** *Fuente.* Datos tomados de "La Provincia Constitucional del Callao" por Geografía del Perú y Economía, 2012. Recuperado de http://geografiaenaccion3052.blogspot.com/2011/09/la-provincia-constitucional-del-callao.html

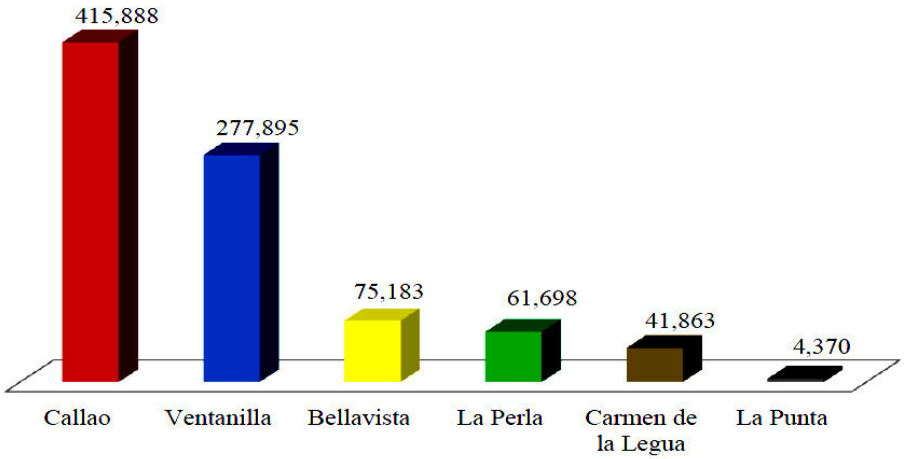


Figura 2. **Estadísticas de la Población de la Provincia Constitucional del Callao por Distrito en 2007.** *Fuente.* Datos tomados de "Estadísticas Demográficas" del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), 2007. Recuperado de http://www.inei.gob.pe

En el distrito del Callao, las actividades económicas están poco diversificadas, ya que el 71% de la producción que se obtuvo en el año 2008 provino de actividades relacionadas con transporte y almacenamiento, en conjunto con la industria manufacturera. El valor agregado proveniente de las actividades de logística alcanzó los 2,173 millones de soles en el 2007 (INEI, 2012).

El desarrollo industrial en el Callao ha ido de la mano con el crecimiento del puerto, el cual actualmente cuenta con nueve muelles, 25 atracaderos, 20 silos graneros y cuatro patios para contenedores. Se encuentra equipado con grúas telescópicas y equipos móviles portacontenedores, entre otros (Municipalidad del Callao, 2010). Desde estas instalaciones se exporta todo tipo de productos peruanos, tanto agrícolas como mineros, siendo los principales el cobre, plomo y zinc. Entre las importaciones destacan las maquinarias y alimentos como el trigo y el maíz (Municipalidad del Callao, 2011).

Este desarrollo industrial y portuario tiene relación con el comportamiento del comercio mundial en los últimos años, en la Figura 3 se observa que el comercio mundial ha tenido un crecimiento continuo desde el 2001, con un retroceso en el 2009 como

consecuencia de la contracción del producto bruto interno (PBI) mundial (Organización Mundial del Comercio, 2010).

El 90% del comercio mundial se mueve en rutas marítimas (Douglas-Westwood, 2005). Por lo que este auge del comercio mundial ha originado el crecimiento del movimiento de contenedores, fomentando el encadenamiento productivo, y con ello el desarrollo de otros sectores.

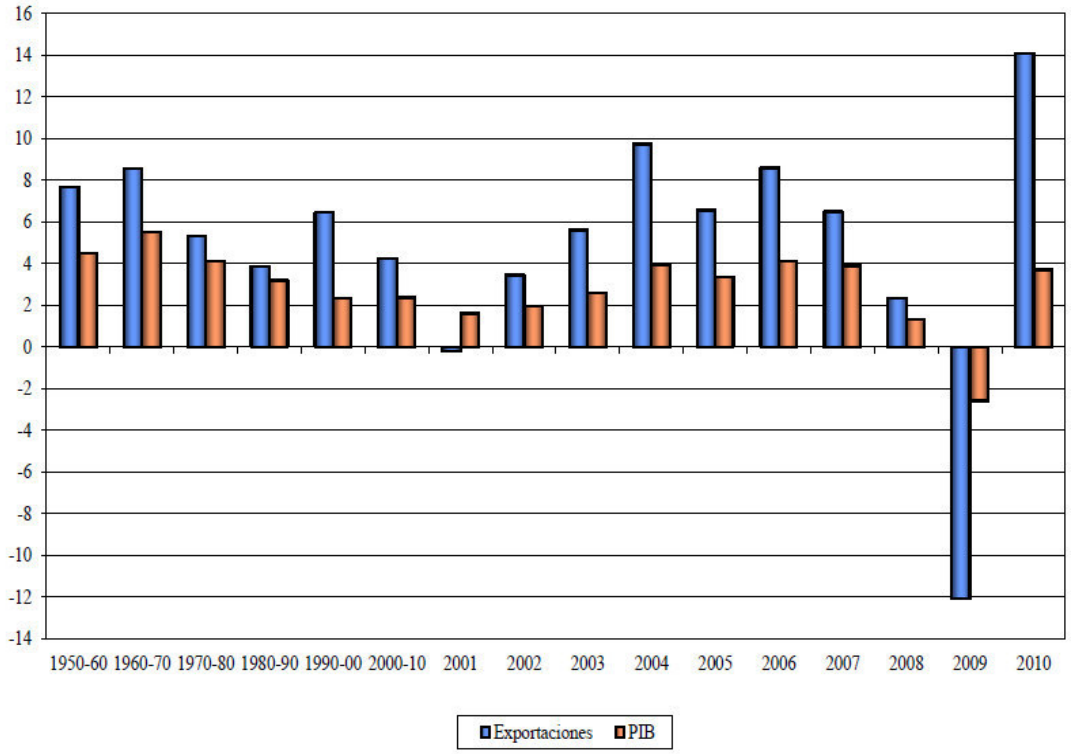


Figura 3. **Crecimiento anual de las exportaciones y del PBI mundial.** *Fuente.* Datos tomados de "Estadísticas: Estadísticas de Comercio Mundial 2011" por la Organización Mundial del Comercio, 2012a. Recuperado de http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2011_e/its11_charts_e.htm

Anualmente se incrementa la cantidad de embarcaciones que se fabrican, pero también aumenta la cantidad de contenedores que cada embarcación es capaz transportar, como se presenta en la Figura 4. Esto con el objetivo de disminuir el costo por unidad, al generar ahorros en combustible (Procopio, 2012). Este incremento en cantidad de

barcos y de contenedores refleja el crecimiento del comercio internacional.

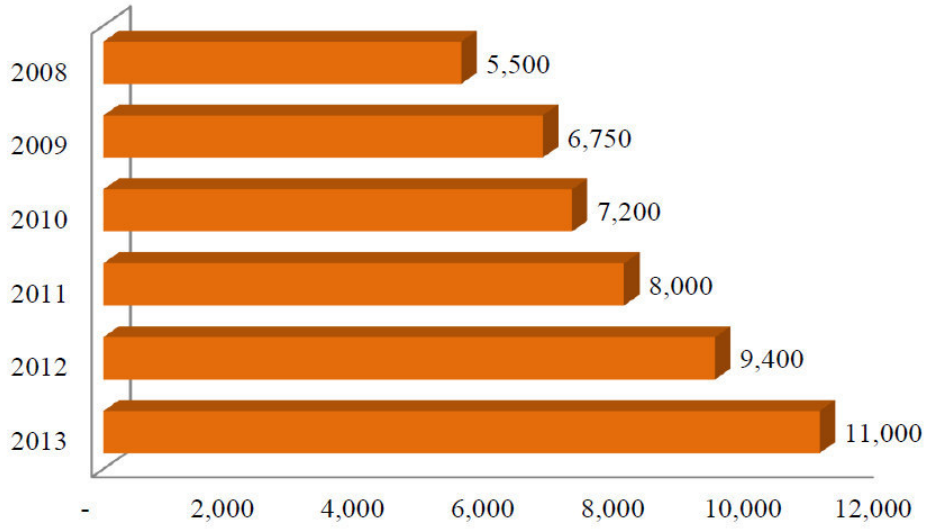


Figura 4. **Cantidad de contenedores por buque.** *Fuente.* Datos tomados de "How the container business has evolved in Brazil", por M. Procopio, 2012, p. 22.

En el año 2011, se movilizaron por el puerto del Callao un total de 1,595 contenedores, esta cantidad incluye los contenedores de entrada, salida y de trasbordo, tanto vacíos como llenos (Comunidad Andina, 2012). Debido a que la cantidad de contenedores que son movilizados se incrementa cada año, el expresidente Alan García anunció en el año 2010 un gran proyecto para convertir el puerto del callao en el más importante y estratégico del Océano Pacífico. El objetivo es alcanzar una capacidad para movilizar anualmente hasta tres millones y medio de contenedores (Agencia Peruana de Noticias, 2010).

En términos absolutos, en el año 2011, el puerto del Callao movilizó 923,000 contenedores llenos, lo que implicó un incremento del 46.7% desde el 2009. A nivel de la región andina, el Callao es el principal puerto, como se aprecia en el Cuadro 1. En el año 2008 el puerto del Callao se encontraba entre los 100 primeros del mundo, y en séptimo

puesto en Sudamérica, lo que manifiesta la necesidad de inversión y mejoras. Es por ello que el Gobierno nacional ha realizado dos concesiones portuarias en el Callao: (a) la del muelle sur, a la empresa Dubai Ports World que invirtió más de US$ 500 millones, y (b) la del terminal norte concesionada a APM Terminals donde las inversiones superaron los US$ 700 millones (RPP[2], 2011).

Cuadro 1. **Tráfico de Contenedores Llenos en los Principales Puertos Andinos.**

País	Puerto	2009	2010	2011	Variación % 2011-2009
Colombia	Buenaventura	371	448	491	32.3
	Cartagena	373	446	465	24.7
Ecuador	Guayaquil	359	404	536	49.3
Perú	Callao	629	789	923	46.7

Fuente. Datos tomados de "Informe Anual del Tráfico de Contenedores en los Principales Puertos de la Comunidad Andina 2011".

Con respecto al movimiento de carga en contenedores a nivel nacional, en el año 2013, se movilizaron 2.066 millones de TEUs[3], incrementando en 1.8% con respecto al 2012, en el cual se registró 2.029 millones de TEUs.

El puerto del Callao logró incrementar su movimiento de contenedores para el comercio exterior durante el 2014 ocupando el sexto lugar en América Latina, logró un total de 1.9 millones de movimientos de contenedores en 2014, siendo uno de los que más crecimiento tuvo con un 8% más de contenedores movidos respecto del 2013 (CEPAL[4], 2015).

[2] RPP: Radio Programas del Perú.
[3] TEU: Twenty-foot Equivalent Unit (Unidad Equivalente a Veinte Pies).
[4] CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

El crecimiento del comercio exterior evidencia la necesidad de una estructura logística de soporte, sin embargo las mejoras en el desempeño logístico de América Latina y el Caribe son inferiores a las de otras zonas geográficas. Si bien Sudamérica ha logrado mejorar el desempeño logístico a tasas similares de Asia, Europa, Asia Central, el Medio Oriente y el Norte de África durante el periodo 2007-12, lo conseguido por América Latina y el Caribe en su totalidad ha sido muy inferior. La brecha logística en la región se debe principalmente a áreas de política pública, tales como la infraestructura, las aduanas y los servicios logísticos. Los seis componentes utilizados para evaluar el desempeño logístico pueden dividirse en dos grupos, cada uno compuesto de tres elementos. Primero, los elementos regulatorios e institucionales, que indican los principales insumos en la cadena logística y en los cuales la política pública tiene un efecto directo: aduanas, infraestructura y servicios logísticos. Segundo, elementos que miden el resultado y desempeño de la cadena logística: tiempo o plazo de entrega, costo de envío y trazabilidad de las mercancías (CEPAL 2013).

El índice de logística LPI[5], desarrollado por el Banco Mundial, permite comparar el desempeño de la logística entre países así como el de sus principales componentes. Según este índice, persisten importantes discrepancias en el desempeño de la logística y de sus componentes entre los principales países de la región, países como Haití, Cuba, Paraguay, Venezuela (Rep. Bol. de), Honduras, El Salvador, Bolivia (Est. Plur. de) y República Dominicana tienen un rezago entre el 50% y 100% con respecto a Chile, que tiene el mejor resultado de la región. El Perú retrocedió 11 posiciones, se encuentra en el lugar 71 de 160 economías, el peor desempeño peruano se registró en la competencia de aduanas, donde obtuvo 2.47 puntos de 5 puntos (CEPAL 2013).

[5] LPI: Logistics Performance Index (Índice de Desempeño Logístico).

Por lo expuesto, se pueden comprender los limitantes en materia logística, no se puede solo concesionar aeropuertos, puertos, truck center o zonas logísticas. También, se debe ver cómo integrar y tomar el liderazgo para ordenar la logística del país y generar conectividad interna logística entre los diferentes actores vinculados directa e indirectamente a la carga para poder reducir los sobrecostos logísticos, ser más eficientes, realizar menos procesos y tiempos en los controles y eliminar trabas burocráticas en toda la cadena de abastecimiento local e internacional.

Para comprender los problemas en los costos logísticos se debe analizar la carga contenedorizada, pues es en ella donde se encuentra una gran cantidad de consignatarios pequeños que no poseen poder de negociación frente a los prestadores de servicios portuarios marítimos, a diferencia de la carga no contenedorizada donde por lo general se tratan de empresas grandes y medianas, que si poseen poder de negociación y tienen la posibilidad de usar inclusive sus propios almacenes aduaneros. Asimismo, es sobre la carga contenedorizada donde se han expuesto públicamente las quejas, reclamos y denuncias de los consignatarios de la carga y sus asociaciones representantes (CONUDFI[6], ADEX[7] y otros). Por último, la carga contenedorizada es la carga más importante en términos de valor FOB[8] y volumen en toneladas (APN[9], 2012).

A pesar del efecto positivo de la concesión del Muelle Sur en el segmento de depósito temporal de carga contenedorizada, se ha visto que pudo ser superior si DPW[10] Callao captaba un mayor mercado, lo que indica que aún existen sobrecostos en este segmento, que debe su origen al uso intensivo de depósitos extraportuarios. Para calcular el

---

[6] CONUDFI: Consejo Nacional de Usuarios del Sistema de Distribución Física Internacional.
[7] ADEX: Asociación de Exportadores.
[8] FOB: Free on Board (Libre a Bordo).
9 APN: Autoridad Portuaria Nacional.
10 DPW: Dubai Ports World.

sobrecosto actual, se hace necesario calcular el costo de usar únicamente depósitos extraportuarios que en promedio asciende a S/.619 por contenedor y compararlo con el costo actual de elegir DPW Callao (S/.400 por contenedor) con lo que se registra un ahorro de S/.219 por contenedor. No obstante el ahorro, este solo se aplica para un 7.4% de contenedores llenos de importación, que es la cuota del mercado que registra DPW Callao en el mercado de depósitos temporales, para el resto de contenedores (92.6%) los consignatarios de la carga siguen asumiendo un costo promedio actual de S/.619 por contenedor (APN, 2012).

El Perú se enfrenta a un importante reto en materia de competitividad logística, que abarca más allá de la necesidad de inversión en infraestructura, se requiere fortalecer la facilitación del comercio y administración aduanera, así como la eficiencia y seguridad de procesos operativos y aduaneros. Los problemas que generan sobrecostos logísticos en las empresas que operan como depósitos temporales son el deterioro de documentos, la pérdida de productos por falta de rastreo, problemas en la comunicación y el flujo de información, etc. Estas dificultades pueden ser resueltas gracias al desarrollo de nuevas tecnologías que ponen en manos de las empresas herramientas útiles para facilitar el transporte y almacenamiento de los productos.

1.2 Formulación del Problema

Los depósitos temporales tienen una seria dificultad para identificar y ubicar la carga suelta y contenedores almacenados, debido a que se debe realizar una lectura del código de barras a muy corta distancia. Se realizan varios registros que se deben llenar y actualizar, que requieren mucho tiempo para completar y generan errores cuando se atiende un pedido, cuando se desea actualizar los inventarios se debe hacer un

corte en las operaciones, debido a que se aplica un sistema de control deficiente. Existe un claro impedimento para atender a los requerimientos de la SUNAT[11], esta situación toma mayor importancia cuando se requiere conocer el estado de los productos almacenados.

Por lo expuesto la interrogante a investigar es:

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, reducirá el tiempo de despacho y el costo de operación de un almacén de aduanas?

De la interrogante planteada se puede formular las interrogantes específicas, tales como:

a. ¿La implementación de un sistema RFID para la localización y control de inventarios contribuye a reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta?

b. ¿La implementación de un sistema RFID para la localización y control de inventarios contribuye a reducir el costo de operación?

1.3 Justificación de la Investigación

En la sociedad de la información en la que vivimos, existe una necesidad creciente de tener un conocimiento cada vez mayor acerca del entorno que nos rodea. Este conocimiento exige que la información sea lo más reciente y veraz posible, facilitando el desarrollo de procesos como la fabricación y la elaboración de pedidos.

Son evidentes las deficiencias que tienen los sistemas de control de inventarios tradicionales, por ser precarios o manuales afectan la

[11] SUNAT: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria.

cadena logística y perjudican al cliente. El error en la facturación, la demora en la carga y descarga de mercancía, la pérdida de los artículos, el deterioro y pérdida de información en papel y muchas otras cosas, son la consecuencia de un sistema que necesita un cambio tecnológico.

Actualmente, muchas organizaciones comprometen grandes inversiones en sistemas de información que apoyan la toma de decisiones para la gestión de inventarios, pero estos pueden tener un impacto negativo sobre el rendimiento organizacional cuando los datos recogidos de los procesos manuales utilizados son inexactos. Los Sistemas de Monitoreo de Inventario surgen como una posible solución al problema de inventario, permitiendo obtener un registro automatizado de bienes o productos, y realizar un seguimiento constante de los mismos dentro de un área específica.

1.3.1 Justificación Teórica

Este estudio realizado en un almacén de aduanas, pretende determinar los beneficios del diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios para lograr la reducción del tiempo de despacho y costo de operación, esto como consecuencia de utilizar la tecnología de identificación por radiofrecuencia. Se espera que el sistema propuesto contribuya a la reducción de la complejidad en los flujos de información y al mejoramiento de la coordinación de los procesos entre los actores relacionados.

Por lo expuesto se justifica la necesidad de que esta tecnología sea implementada e integrada a las empresas en su estructura de organización y necesidades operacionales.

1.3.2 Justificación Práctica

Esta investigación intenta aprovechar las posibilidades que brinda la tecnología RFID y los sistemas de información, para contar con unos datos con muy alta calidad y fiabilidad, debido a que se pretende implementar un sistema de control de inventarios integrando tecnologías de comunicación wireless y de localización en la actual infraestructura de estantes de almacenamiento y bahías de contenedores, como consecuencia los principales beneficios que se pueden obtener de esta investigación son los siguientes:

- Reducción de costos operativos y aumento de la competitividad de la empresa.
- Menos reclamos por los clientes sobre el estado de su stock en los almacenes de la empresa.
- Aumento de productividad, mediante la disminución de recursos y tiempo en mantener un inventario en línea.
- Disminución de pérdidas económicas por errores en la preparación de los pallets de los pedidos de clientes.
- Se eliminan las largas colas de los camiones de despacho por espera de verificaciones, búsquedas y ubicación de las mercaderías
- Perdidas de productos por alta dificultad en el control y trazabilidad de la operación logística generando oportunidades para la sustracción de los productos por personal involucrado en los despachos.

Por todo lo expuesto, se justifica la necesidad de realizar este trabajo de investigación, afín de conocer con exactitud la situación actual del stock y la capacidad de adaptación frente a cambios de corto y medio plazo.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el tiempo de atención y el costo de operación de un almacén de aduanas.

1.4.2 Objetivos Específicos

Dentro de los alcances del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos para esta investigación:

a. Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta.

b. Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el costo de operación.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del problema

En el Instituto Politécnico Nacional (México), Beatriz Perez (2009), realizo un estudio con el objetivo de desarrollar una metodología para implantar sistemas basados en tecnología RFID[12], definiendo las ventajas y desventajas que pueden tener respecto a otras soluciones tecnológicas. Intenta definir los datos que el sistema de información debe manejar para llevar un control preciso de las existencias.

Corro García (2012), realizó el diseño de una metodología para evaluar la implantación de un sistema RFID en el proceso de gestión de inventarios dentro del sector servicios, indica que para tomar la decisión de implantar la tecnología RFID es necesario realizar un estudio económico y estimar los beneficios que genera esta tecnología, para ello define las estructuras técnicas que conforman un sistema RFID.

Antonio Abarca (2010), estudió el sistema de agentes para el control de stock de almacén basado en identificación por radiofrecuencia, este trabajo pretende mejorar las prestaciones y operatividad de las empresas aprovechando los avances tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años. El estado actual de la técnica permite tener un conocimiento del entorno del sistema. Este amplio conocimiento, tanto en cantidad como en calidad, se convierte en un

[12] RFID: Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia). (Perez, 2009)

arma fundamental para actuar en función de la situación que rodea a los productos objeto de estudio.

Lorena Francisco (2014), desarrolló un proyecto sobre el análisis y propuesta de mejorar del sistema de gestión de almacenes de un operador logístico, cuya investigación se enfoca en desarrollar un sistema de gestión de almacenes para las empresas de retail, que incluye el almacenaje de mercadería y la correcta distribución de ésta a los diversos puntos que son requeridos por sus clientes. El conocimiento y aplicación del software permitirá administrar y gestionar; además será el inicio de una serie de acciones a realizar orientadas hacia la mejora continua.

2.2 Bases teóricas

Para este trabajo de investigación se están considerando las bases teóricas relacionadas

2.2.1 Antecedentes históricos

Godínez (2008) indica que el primer dispositivo conocido similar a RFID pudo haber sido una herramienta de espionaje inventada por Leon Theremin para el gobierno soviético en 1945. El dispositivo de Theremin era un dispositivo de escucha secreto pasivo, no una etiqueta de identificación, por lo que esta aplicación es dudosa. Según algunas fuentes, la tecnología usada en RFID habría existido desde comienzos de los años 1920, desarrollada por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y usada extensivamente por lo británicos en la Segunda Guerra Mundial, fuente que establece que los sistemas RFID han existido desde finales de los años 1960 y

que sólo recientemente se han popularizado gracias a las reducciones de costos asociadas.

La primera patente que fue asociada con la abreviatura RFID fue otorgada a Charles Walton en 1983, éste recibió la patente para, un sistema pasivo que abría las puertas sin necesidad de llave. Un transponedor (TAG) transmitía una señal al lector de la puerta que cuando validaba la tarjeta desbloqueaba la cerradura.

2.2.2 Evolución de los sistemas con tecnología RFID

Godínez (2008) señala que en un inicio, la infraestructura de la tecnología RFID era limitada en almacenamiento, tan sólo permitía 1 bit de información, la distancia que el lector permitía era mínima, por lo que únicamente podía proporcionar un control de materiales, detectando un código de seguridad emitiendo un sonido.

A principios de esta década en entidades de EEUU se probaron aplicaciones para logística y transporte, por ejemplo, se hizo uso de la tecnología RFID basada en EPC (Electronic Product Code) para el rastreo de automóviles, otros tantas aplicaciones se dieron en seguimiento de ganado, vehículos y automatización industrial, control electrónico del peaje, etc. El mayor avance para la tecnología RFID se dio cuando Texas Instruments (TI) crea un sistema de control encendido del automóvil, adicionalmente un sistema de Philips permitía la gestión del encendido, control del combustible y control de acceso del vehículo, etc.

Posteriormente, durante esta década la, tecnología evolucionó a paso agigantados, ya que las dimensiones del equipo se,

redujeron y contaban con mayor capacidad de memoria, mayor alcance, aplicaciones especiales, pero sobre todo, los costos se abarataron.

La identificación por radio frecuencia es similar al código de barras que permite la identificación única de un objeto. En la actualidad, la utilización del código de barras aún sigue siendo de mayor demanda, sin embargo, cabe destacar que una de sus mayores desventajas es la baja capacidad de almacenaje de información y, principalmente, que no son programables; a pesar de ser un elemento de identificación muy barato, hoy en día, la industria en sus procesos demanda mayor calidad y eficiencia en el servicio. Al día de hoy, la tecnología RFID se considera inmadura aún, ya que muchas de las industrias prefieren seguir con métodos tradicionales para producir, además de que en muchas de las ocasiones es imposible invertir en una nueva tecnología, ya sea por cuestiones económicas o por miedo a perder el capital que han ahorrado a lo largo del tiempo, sin embargo, entre más competidores en el mercado hagan uso de esta tecnología es muy probable que se incremente paulatinamente su uso en el mercado. La mayor utilización de la tecnología RFID se encuentra en la cadena de suministro, simplificando los procesos de logística y trazabilidad.

2.2.3 Componentes de un sistema RFID

Alvarado (2008) indica que el RFID es una tecnología inalámbrica utilizada para identificar objetos únicos a través de la comunicación entre un lector y una etiqueta, esta última contiene un chip y una antena para almacenar información. Al chip también se le conoce como transponder (o tag) y es el elemento que va adherido a los objetos que se desean

identificar, contiene un número de identificación que funciona como un código único para cada producto.

El funcionamiento en el que se basa un equipo RFID (ver Figura 5) es muy sencillo:

1. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al tag que son captadas por su microantena.

2. Las ondas activan el chip, el cual, a través de la microantena y mediante onda de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tenga en su memoria.

3. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto o pueden procesarlo según convenga a cada aplicación.

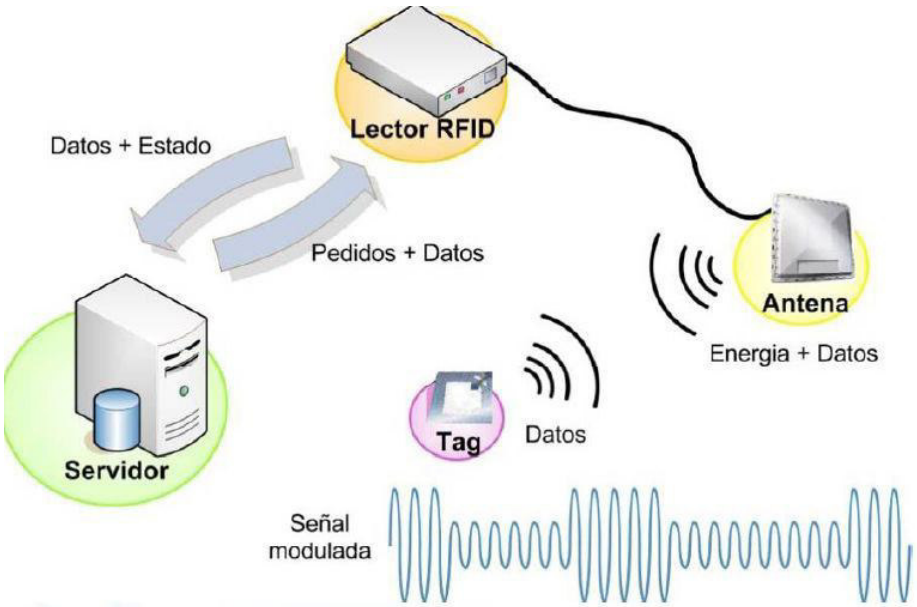


Figura 5. **Componentes de un sistema RFID.** *Fuente.* Datos tomados de Alvarado (2008).

Es importante mencionar que la frecuencia a la que trabaja cada elemento del sistema es de suma importancia, debido a que la comunicación entre el lector y la antena se realiza por señales de radiofrecuencia, estos elementos son capaces de comunicarse si se encuentran en el rango de frecuencias para trabajar, cada elemento cuenta con un rango de frecuencia que puede ser muy grande o no serlo, dependiendo de las características de cada elemento, de tal forma que si a un elemento que trabaja a bajas frecuencias se desea que se comunique con otro que trabaja a altas frecuencias, seguramente habrá errores en la comunicación. La comunicación cuenta con características específicas en cuanto a alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencias, el tipo de antena, y el tipo de etiquetas, entre otros parámetros.

El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre una frecuencia de 50 KHz y 2.5 GHz. Las unidades que trabajan a bajas frecuencias (50 KHz – 14 MHz) son de bajo costo, corto alcance y resistentes al “ruido”. Las unidades que trabajan a frecuencias mayores (14 MHz – 2.5 GHz) son sistemas de mayor costo y tecnología más compleja.

Por lo que para pensar en la implantación de un sistema RFID hay que tomar en cuenta:

- El rango de alcance donde se puede mantener la comunicación de tal manera que no afecte a otras áreas.
- La cantidad de información que puede almacenar el tag.
- La velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiqueta.
- El tamaño físico de la etiqueta.

- La habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez.
- Ofrece una comunicación segura en el caso de existir posibles interferencias de materiales entre lector y etiqueta.

Hernández (2008), indica que en un sistema de RFID tiene los siguientes componentes:

a) **El lector:** Es un dispositivo electrónico que permite leer y escribir diversos tipos de etiquetas. Comúnmente se conecta a una PC, PDA (Asistente Digital Personal) o también se encuentra disponible como un dispositivo independiente. Los lectores son capaces de enviar una señal de radiofrecuencia para detectar las posibles etiquetas en un rango o área determinada.

   Existen dos tipos de lectores:

   - Los que sirven para transmitir tanto datos como energía utilizando una sola bobina.
   - Aquellos que utilizan dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos.

   Es importante recordar que los lectores dependerán de los transponder, es decir, si estos últimos son muy robustos, los lectores a usar deben ser capaces de detectar la información, generalmente trabajan en un rango más amplio de frecuencias.

b) **Antena:** Es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio. Está constituida por un conjunto de conductores

diseñados para radiar un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz alterna.

De manera inversa, en recepción, si una antena se coloca en el alcance de un campo electromagnético, genera como, respuesta a este campo, una fuerza electromotriz alterna. El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda. La antena deberá ser seleccionada de a la frecuencia de operación de las etiquetas RFID disponibles.

c) **Tag:** Los identificadores son los dispositivos RFID que se adherirán al producto que se desee identificar, existen algunos tipos de identificadores: pasivos, semi-activos y activos.

Las identificadores pasivos tienen una fuente de alimentación interna, la corriente eléctrica inducida por el campo electromagnético es suficiente para hacer que el identificador responda a la solicitud de información requerida por un sistema RFID.

Típicamente, un identificador pasivo tendrá menos alcance y menos capacidad de almacenamiento que un identificador activo. Al contrario de los identificadores pasivos, un identificador activo tiene una batería como fuente de alimentación, proporcionando un mayor rango de alcance y una mayor capacidad de almacenamiento. Una batería puede durar varios años en un dispositivo activo.

2.2.4 Frecuencias y Velocidades de Transmisión

Sandoval (2008), indica que las etiquetas o tags son clasificadas de acuerdo a la frecuencia en la cual operan, es decir, en el rango de frecuencias para comunicarse con el lector:

- LF, baja frecuencia en el rango de 120 KHz – 134 KHz. Estos tags tienden a ser muy utilizados en accesos a edificios.
- HF, alta frecuencia en el rango de 13.56 MHz una frecuencia conocida como la banda médica, industrial y científica (por sus siglas en inglés ISM), sin embargo, estas frecuencias tienen un alcance de lectura bajo, alrededor de 30 cm, su lectura es fácil y no presenta problemas al contacto con el agua.
- UHF, ultra alta frecuencia en el rango de 868 MHz – 956 MHz, esta frecuencia es a la que trabajan también los teléfonos inalámbricos y los celulares. Las etiquetas que trabajan en el rango de frecuencia mencionada son utilizadas en la cadena de suministros, la ventaja de estas etiquetas radica en el alcance de lectura, el cual supera los tres metros y pueden leer cientos de etiquetas simultáneamente, sin embargo, presentan problemas de lectura bajo líquidos y seres vivos.
- Microondas, en el rango de 2.45 GHz.

Mayores frecuencias indica un incremento de velocidades en la transmisión de datos, pero dicha proporción se refleja en el costo del sistema, es por esta razón que uno de los puntos primordiales al elegir implantar un sistema RFID es conocer el rango de frecuencias que se necesita para operar en los procesos en los que intervendrá el sistema.

2.2.5 Consideraciones de Diseño para un sistema RFID

Báez (2013), señala que para diseñar un sistema RFID para alguna aplicación se debe tener en cuenta diferentes aspectos, los cuales determinan su alcance, considerando las características de la tecnología RFID que influyen de manera relevante, de las cuales se puede mencionar: la frecuencia de operación, las interferencias y distorsiones que se presentan, y las características de lectores y antenas.

a) **Frecuencias de operación:** Dependiendo de la frecuencia en la que trabaje un sistema RFID, variarán sus características (rango de lectura, velocidad de transmisión de datos, tamaño de las etiquetas, influencia de metales o líquidos en la lectura) y los usos en las aplicaciones (gestión de activos, cadena de suministro o trazabilidad de objetos, etc.).

b) **Interferencias en el sistema:** La tecnología RFID no está exento de interferencias como cualquier sistema de radiocomunicación; por ruido interno (térmico, shot, flicker, estos son ruidos inherentes en la naturaleza de los elementos electrónicos) y ruido externo (este se caracteriza por la temperatura de ruido de la antena debido a los campos electromagnéticos que existen en el espacio y que son captados por esta). Además de interferencias por emisiones y radiaciones que presentan degradación, perdida de información en la señal trasmitida de lector/etiqueta o viceversa, existiendo tipos de interferencia tales como:

- Interferencias por canal (CCI).
- Interferencias por canal adyacente (ACI).

- Interferencia electromagnética (EMI).
- Compatibilidad electromagnética (EMC).

Comúnmente se presentan cuando hay otros sistemas que operan en la misma banda, un ejemplo de esto es WIFI, Zigbee, Bluetooth, RFID. Estas interferencias se presentan cuando hay colisiones en las señales de radio en la misma frecuencia, dando lugar a señales distorsionadas, sucediendo en etiquetas y lectores de la siguiente forma:

- **Interferencia etiqueta a etiqueta:** Se origina cuando múltiples etiquetas responden a un único lector, esto es solucionable con el uso de un algoritmo anticolisión, el cual hace que las etiquetas respondan al lector en diferentes instantes de tiempo y en distintas frecuencias.
- **Interferencia lector a lector:** Se produce una colisión cuando las regiones de interrogación de varios lectores se superponen haciendo que sus señales interfieran con una o más etiquetas. Cuando dos de estos lectores están activos al mismo tiempo, la etiqueta en la región solapada no puede diferenciar entre las dos señales, colisión que se puede evitar operando los lectores con interferencia en diferentes canales de frecuencia, necesitando un algoritmo anticolisión presente en los lectores.
- **Interferencia entre lector a etiqueta:** Si un lector interroga a una etiqueta dentro de su rango de lectura que a su vez se encuentra en la zona de interferencia de otros lectores (zona que define el rango que la señal del lector puede alcanzar sin necesidad de que exista lectura), se produce una colisión entre etiqueta a lector. La que se evita con lectores que operen en diferentes

momentos o frecuencias, necesitando un algoritmo anticolisión presentes en los lectores.

c) **Distorsiones:** Uno de los problemas que se presentan en un sistema RFID son las distorsiones en la señal transmitida con efectos en la potencia de transmisión. Estas se originan cuando el medio de propagación cambia de aire a metal/líquido, presentando efectos de reflexión y atenuación en la señal de radiofrecuencia al momento de interrogar a una etiqueta (generalmente al operar en bandas UHF y Microondas), la cual repercute en una falsa lectura, siendo ilegible en el peor de los casos.

   El campo magnético de un lector al estar en la proximidad de una superficie conductora como un metal, induce corrientes Foucault de acuerdo a la ley de Lenz, generando un campo magnético en la superficie que es contraria a la orientación del campo magnético del lector. De esta forma, las líneas de campo magnético del lector se desvían de manera tangencial a la superficie metálica estando cerca de la superficie del material conductor por un par de milímetros, imposibilitando la lectura en una etiqueta al no recibir energía que la active. Una manera de solucionar esto, es colocar un material de ferrita entre la superficie conductora y en la etiqueta, de esta manera se inhiben corrientes parásitas, guiando el campo magnético a través de la etiqueta.

d) **Antena del lector:** La antena es uno de los elementos más relevantes a la hora de establecer la comunicación entre lector y etiquetas. Diversos parámetros se deben considerar al momento de operar un lector, debido a que la configuración incorrecta repercutirá en una lectura errónea

o en la imposibilidad de establecer comunicación con una etiqueta, o la posibilidad de tener interferencia mutua entre puntos de lectura adyacentes. Estos parámetros están programados por los fabricantes para facilitar al usuario su configuración y se pueden definir en:

- Se ofrece la posibilidad de especificar la potencia de salida en cada punto de lectura en la antena, generalmente en EIRP (potencia radiada isotrópica equivalente).
- Como la mayoría de los lectores operan con múltiples antenas para establecer comunicación con las etiquetas, para su correcto funcionamiento estas deben ser multiplexadas o conmutadas para evitar colisiones entre antenas.
- Algunos lectores pueden modificar la forma de adquirir la información de las etiquetas, realizando una lectura individualizada (global scroll) o leyendo de manera simultánea (inventario), de esta manera se activan los protocolos anticolisión para realizar los distintos modos de adquisición.

2.2.6 Beneficios y desventajas de la tecnología RFID

Báez (2013), como cualquier otra tecnología de identificación, esta posee beneficios y desventajas, los que son relevantes al momento de considerar a RFID como método de identificación de elementos. A continuación presentamos los beneficios y desventajas de esta tecnología.

Beneficios:

- Resistente a condiciones adversas (golpes, polvo, vibraciones, temperatura, humedad, etc.).

- Lectura de etiquetas RFID sin necesidad de línea vista.
- Cada etiqueta permite la identificación única de cada producto, sin haber duplicidad de información.
- Permite la reutilización de las etiquetas, al poder reescribir información en ellas.
- Pueden ser leídas varias etiquetas de manera simultánea, situación que no ocurre con otras tecnologías como el código de barras, en donde sólo se pueden realizar lecturas de manera secuencial.
- Cuenta con una mayor seguridad de los datos, debido a que la información es cifrada, imposibilitando la falsificación o clonación.
- Puede almacenar información referente al producto al cual se adhiere. Información que puede ser modificable para poder llevar un registro de los sucesos o propietarios por los que pasa el producto, en cuanto a la cadena de suministro y trazabilidad de estos.
- Elimina el error humano en la toma de datos (no el propio de la tecnología).
- Permite automatizar procesos, aumentando la eficiencia y flexibilidad.
- Monitoriza activos en tiempo real.

Desventajas:

- Posee un costo más elevado, sin embargo a medida que se implementan los últimos avances tecnológicos, el valor de la tecnología RFID se encuentra en descenso.
- Dependiendo de la frecuencia de trabajo y del tipo de etiqueta, pueden existir interferencias de comunicación en ambientes con líquidos, metales, madera, entre otros.
- Con respecto a la estandarización, aún no se logra un consenso a nivel mundial, existiendo varias organizaciones que desarrollan estándares para esta tecnología.

- La distancia de lectura de las etiquetas por parte del lector, es limitada y depende de variados factores, como por ejemplo la frecuencia de operación en la que trabaja el sistema RFID.

2.2.7 Estándares en RFID

Aguirre (2010) indica que un estándar en términos generales, es una publicación de un documento que estable las especificaciones y procedimientos diseñados para maximizar la fiabilidad de un material, producto, método o servicio que la gente usa todos los días.

Los estándares son los que aseguran la calidad, seguridad, compatibilidad, confiabilidad, productividad, eficiencia y niveles de los productos. En RFID, los estándares existentes consideran los siguientes puntos:

- La tecnología.
- Contenido de datos.
- Cumplimiento (maneras de probar que los productos cumplen el estándar).
- Aplicaciones RFID.

En la actualidad, ISO y EPC Global son las principales organizaciones gestoras de desarrollo de estándares RFID a nivel mundial. A continuación, se presenta una reseña referente a éstas dos organizaciones y sus estándares:

a) ISO: La Organización Internacional de la Estandarización, más comúnmente conocida como “ISO”, fundada en el año 1947, está encargada de desarrollar estándares voluntarios internacionales que dan el estado del arte de productos,

servicios y buenas prácticas, con el fin de que la industria sea más eficiente y eficaz, abarcando amplios temas de tecnología, negocios, seguridad alimentaria, agricultura, y atención médica.

En RFID, ISO aún cuenta con estándares en desarrollo para crear, coordinar y poner en práctica estándares internacionales, colaborando con la comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), para la creación de estándares para la "identificación automática y técnicas de captura de datos" (AIDC). ISO y IEC establecieron un Comité Técnico en Conjunto (JTC-1) para hacer frente a estándares de la tecnología, incluyendo estándares para AIDC, de esta forma, estos son desarrollados por JTC-1 y publicados como ISO/IEC.

Dentro de JTC-1, el grupo que se ocupa de los estándares concernientes a RFID para la gestión de artículos es el grupo de trabajo 4 (JTC-1 SC31/WG4), el que cuenta con el objetivo de proporcionar estándares para la interoperabilidad de tecnologías inalámbricas, para la identificación a nivel de elemento y de gestión de activos de materias primas, trazabilidad de materiales, control de inventario, vigilancia electrónica de artículos, datos de garantía, control de producción/robótica, y gestión de instalaciones.

b) **EPC Global:** El código electrónico de producto (EPC, por sus siglas en inglés Electronic Product Code), está presente en las etiquetas con tecnología RFID y es el encargado de identificar de manera inequívoca cualquier elemento al que se adhiere, con el objetivo de crear un

camino para que las empresas puedan migrar desde el código de barras a la tecnología RFID en sus productos. Además, dispone de una infraestructura de red global (Internet) para que las empresas puedan acceder a información básica sobre sus productos etiquetados y de cómo se mueven en la cadena de distribución global en tiempo real.

La organización encargada de regular todo lo concerniente al EPC es la EPC Global, organización sin fines de lucro nacida en octubre del 2003 a partir de la fusión entre GS1 (ex EAN Internacional) y GS1 US (ex Uniform Code Council, encargada de administrar el código de barras UPC). EPC Global ofrece e impulsa un conjunto de estándares para identificar, capturar y compartir el uso de tecnologías RFID.

El EPC forma parte de una red global diseñada para el intercambio de información sobre productos denominada EPC Global Network, donde se utilizan las etiquetas RFID y mecanismos informáticos para obtener toda la información de los productos identificados con EPC de forma eficaz y en tiempo real. En cuanto a los servicios que ofrece, se destacan:

- Asignación, mantenimiento y registro de códigos EPC.
- Participación en el desarrollo de estándares EPC Global, a través de grupos de trabajo.
- Acceso a los estándares, investigaciones y especificaciones de EPC Global.
- Oportunidades de influir en la dirección de futuras investigaciones de los laboratorios Auto-ID.

- Contacto con otros usuarios para realizar pruebas piloto.
- Capacitación en el uso de implementación de la tecnología EPC.

2.3 Glosario

Precisamos el uso de algunos términos que se utilizan de manera particular para apoyar la explicación.

Análisis de Pareto: Herramienta de gestión basada en la Ley de Pareto. Consiste en la clasificación, en orden decreciente, de una serie de artículos según su volumen anual de ventas u otro criterio. Tradicionalmente se ha venido clasificando en tres clases llamadas A, B y C. El grupo A representa generalmente de un l0 % a un 20 % de los artículos con los que se obtiene del 50 % al 70 % de las ventas. El segundo grupo, B, suele contener el 20 % de los artículos y suele representar el 20 % de las ventas. El grupo C suele contener del 60 % al 70 % de los artículos y sólo suele representar del 10 % al 30 % de las ventas.

Apilado en bloque: Modo de almacenamiento consistente en apilar unas sobre otras las unidades de carga. La capacidad de carga en altura está limitada por la resistencia de soportar cargas de la unidad inferior.

Bill of Lading (BOL o B/L): Un contrato de envío entre un cargador (el consignador) para depositar una carga a un portador o entregar en otra parte (el consignatario).

Cadena de suministro: Movimiento de materiales, fondos e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la

adquisición de materias primas a la entrega de productos terminados al usuario final.

Código de barras: Es un conjunto de números y caracteres dispuestos en forma de líneas verticales paralelas, de distinto grosor, usados para representar datos reales como la identificación del artículo y sus atributos.

Consignatario: Persona física o jurídica a quien va dirigida la carga en el lugar de destino final.

Contenedor: Equipo de transporte de capacidad interior no menor de un metro cúbico, capaz de asegurar un uso repetido, sin ruptura de la carga en caso de trasbordo a diferentes modos de transporte, de manejo sencillo y de fácil llenado y vaciado. Se utilizan cuatro tamaños principales: de 40, 30, 20 y 10 pies, con 30, 25, 20 y 10 t, respectivamente.

Contenedor consolidado: Cargas parciales de distintos remitentes agrupados para completar la capacidad de un contenedor.

Costo de almacenamiento: Los costos de almacenamiento, de mantenimiento o de posesión del Stock, incluyen todos los costos directamente relacionados con la titularidad de los inventarios tales como: Costos Financieros de las existencias, Gastos del Almacén, Seguros, Deterioros, perdidas y degradación de mercancía.

Coste de mantenimiento: Corresponde al coste del mantenimiento útil del stock y que debe contemplar los costes financieros, seguros de roturas, obsolescencia, robo, deterioro, etc.

Depositario: La persona que recibe la mercadería para su almacenamiento en el curso de ejecución de un contrato de transporte multimodal.

Depósito aduanero: Local donde se ingresan y almacenan mercancías solicitadas al régimen de depósito aduanero. Pueden ser privados o públicos.

Depósito temporal: Local donde se ingresan y/o almacenan temporalmente mercancías pendientes de la autorización de levante por la autoridad aduanera.

Desconsolidación: Proceso de desagrupamiento de cargas parciales con destino a su distribución a los respectivos consignatarios.

Destinatario: La persona a la que se le envían mercaderías, según lo estipulado en el correspondiente contrato.

Entrada o Recepción: Acta, ejecutada por un cliente y su proveedor, sobre la correspondencia entre un pedido y el suministro correspondiente.

Entrega de la mercancía: El acto por el cual el operador de transporte multimodal pone las mercaderías a disposición efectiva y material del consignatario de conformidad con el contrato de transporte multimodal, las leyes y los usos y costumbres imperantes en el lugar de entrega.

Gestión de almacén: La gestión de almacén concierne a todo lo relativo a los flujos físicos de los artículos en almacén: direcciones físicas de almacenamiento, preparación de pedidos.

Gestión logística: Es el proceso de planificación, implementación y control del flujo y almacenamiento eficiente y económico de la materia

prima, productos semiterminados y acabados, así como la información asociada.

Indicadores: Elementos que se utilizan para señalar datos fijos que se consideran en el estudio o análisis de una cuestión.

Intermodal: Sistema integral de transporte de mercancías, agrupadas en unidades de carga, que utiliza más de un modo de transporte (marítimo, ferroviario, carretera o aéreo) entre el punto de origen y el de destino al amparo de un único documento. Características: La utilización de contenedores, equipo de transporte mayoritariamente utilizado para el transporte intermodal, presenta una serie de beneficios: Reducción de hasta un 70 % en los tiempos de carga y descarga.

Inventario: Inventario es la acumulación de cualquier producto o artículo usado en la organización.

Logística: Concepto amplio aplicado a todas las fases de distribución de los productos, incluyendo todos los eslabones de la cadena de distribución, requeridos para hacer llegar el producto hasta el cliente final. El objetivo final de la logística es disminuir los niveles de inventario y de optimizar el funcionamiento de toda la cadena de distribución.

Lote: Cada una de las partes en que se divide un todo que se ha de distribuir entre varias personas, las cuales tiene características propias y comunes entre todos los miembros de un lote: fecha de fabricación, fecha de caducidad, máquina que los elaboró, turno o fábrica en la que se elaboró, etc.

Mercadería: Bienes de cualquier clase susceptibles de ser transportados, incluidos los animales vivos, los contenedores, las

paletas u otros elementos de transporte o de embalaje análogos, que no hayan sido suministrados por el operador de transporte multimodal.

Operador de transporte multimodal: Toda persona, porteador o no, que por sí o a través de otro que actúe en su nombre, celebre un contrato de transporte multimodal actuando como principal y no como agente o en interés del expedidor o de transportadores que participen de las operaciones de transporte multimodal, asumiendo la responsabilidad por el cumplimiento del contrato.

Palet: Plataforma reutilizable usada en la estiba de carga para facilitar el aprovechamiento del espacio de almacenamiento y de bodega de transporte, y las operaciones de manipuleo. Existen clases normalizadas en cuanto a material y diseño de construcción y a sus dimensiones.

Picking: El proceso de escoger el producto de inventario y empacar en recipientes de embarque.

Preparación de pedidos: Conjunto de operaciones que permiten sacar del almacén todos los artículos que forman un pedido y, eventualmente, reagruparlos antes del envío.

Proceso: Conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de uno a mas inputs (entradas) los transforma, generando un output (resultado).

Rack: Estructura metálica conformada por marcos y vigas, sobre las que se apoya la mercadería apilada en pallets de madera y en diferentes niveles.

Sistema de dirección de almacén (warehouse management system): Una aplicación de software que maneja las funciones de un

almacén o centro de distribución. La funcionalidad de la aplicación incluye recepción, almacenaje, manejo de inventario, Conteo de ciclos, permisos de tareas, planificación de órdenes, asignación de orden, reaprovisionamiento, embalaje, envío, dirección obrera e interfaz de equipo de manejo de material, interfaces de equipo.

Stacker: Equipo para el apilamiento de contenedores. Otra característica notable es que permite la carga o descarga de contenedores desde o hasta nivel de tierra sin ninguna extensión especial de la pluma por lo que permite un alto confort en la traslación.

Trazabilidad: Se entiende como trazabilidad aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, debido a su interés en la utilización y consecuencias prácticas de la tecnología RFID en los procesos localización y control de inventarios de un almacén de aduanas.

El desarrollo del presente estudio se realiza mediante un estudio de caso, tomando en consideración a una de las empresas con presencia en el sector, cuyo nombre será mantenido en reserva debido a que no se tiene la autorización para la divulgación de la información, siendo la investigación igualmente enmarcada dentro del tipo descriptivo y explicativo.

En armonía con lo señalado, el presente estudio es descriptivo de enfoque cuantitativo, porque se selecciona y recolecta datos sobre una serie de problemas presentes en las actividades operativas de un almacén de aduanas, luego se estudia estos problemas hasta encontrar con la finalidad de proponer y medir alternativas de solución adecuadas.

Se emplea también la investigación del tipo explicativa, la cual a través del estudio de las operaciones de un almacén de aduanas busca verificar la hipótesis causal planteada. Yuni y Urbano (2006), indican

que las investigaciones explicativas intentan revelar la naturaleza de las relaciones (causa/efecto) mediante comparaciones, intentando predecir una relación causal, explicar un fenómeno y/o controlar la ocurrencia de un hecho o situación.

La relación que se intenta explicar es como el diseño e implementación de la tecnología RFID influye en la mejora de las actividades operativas, así como también en la reducción de costos de operación involucrados en la atención de órdenes recibidas por un almacén de aduanas.

3.2 Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativa por tratarse de una investigación experimental, como el objetivo de esta investigación es implementar un sistema RFID será necesario manipular variables para medir los efectos.

3.2.1 Hipótesis

Hipótesis General

El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el tiempo de despacho y el costo de operación de un almacén de aduanas.

Hipótesis Específicas

A partir de la hipótesis general se puede definir las hipótesis específicas para esta investigación:

a. El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta.

b. El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el costo de operación.

3.2.2 Identificación de Variables

Variable independiente:

El diseño e implementación del sistema de localización y control de inventarios que utiliza tecnología RFID define la variable independiente, dado que la hipótesis propuesta plantea que el manejo de contenedores y carga suelta debe desarrollarse de manera oportuna para atender las necesidades de los clientes. Para la operacionalización de esta variable se determinará:

- Nivel de interferencia del espectro radioeléctrico.
- Nivel de cobertura del almacén de carga suelta.
- Nivel de cobertura del patio de contenedores.

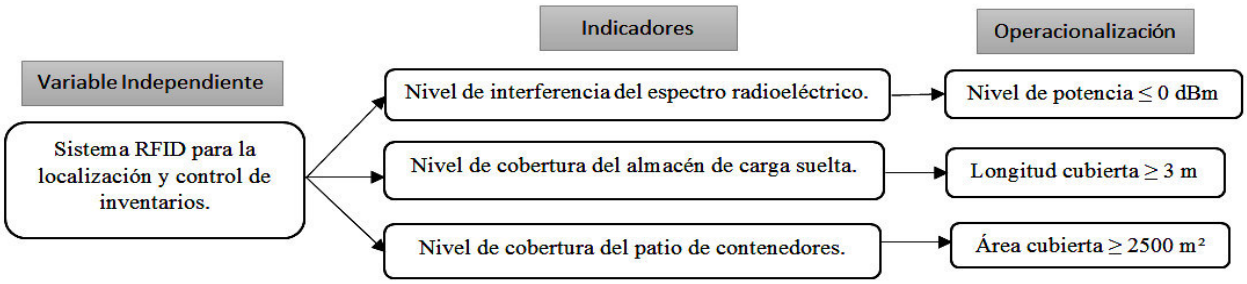


Figura 6. **Operacionalización de la variable independiente.**
Fuente. Elaboración propia.

Variable dependiente

El costo de operación y los tiempos de despacho de contenedores y carga suelta quedan definidos como las variables dependientes, debido a que la mejora en la gestión de almacén genera beneficios para los clientes, como el cumplimiento de las órdenes a tiempo y la reducción de los costos relacionados. Para la operacionalización de estas variables se determina los siguientes indicadores:

- Reducción del tiempo de despacho de contenedores.
- Reducción del tiempo de despacho de carga suelta.
- Nivel de cumplimiento de despachos.
- Costo por unidad despachada.

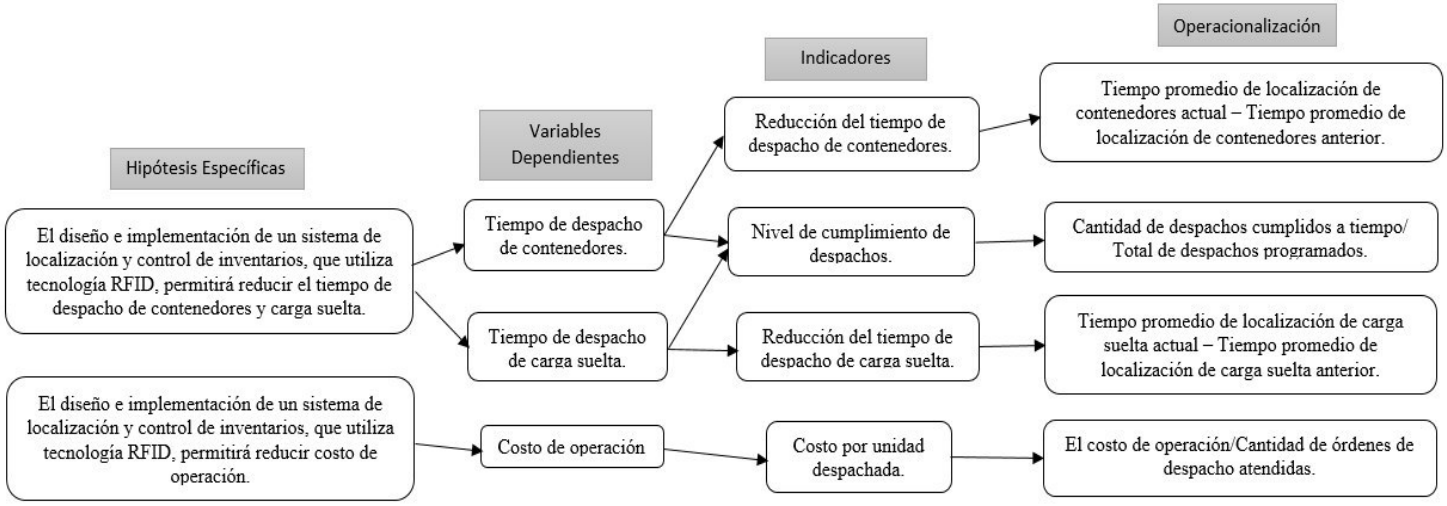


Figura 7. **Operacionalización de las variables dependientes.**
Fuente. Elaboración propia.

3.2.3 Matriz de consistencia

Cuadro 2. **Matriz de consistencia**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
Problema general: ¿Cómo el diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, reducirá el tiempo de despacho y el costo de operación de un almacén de aduanas? Problemas específicos: a. ¿La implementación de un sistema RFID para la localización y control de inventarios contribuye a reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta? b. ¿La implementación de un sistema RFID para la localización y control de inventarios contribuye a reducir el costo de operación?	Objetivo general: Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el tiempo de despacho y el costo de operación de un almacén de aduanas. Objetivos específicos: a. Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta. b. Diseñar e implementar un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, para reducir el costo de operación.	Hipótesis general: El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el tiempo de despacho y el costo de operación de un almacén de aduanas. Hipótesis específicas: a. El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta. b. El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permite reducir el costo de operación.	Variable independiente: • El diseño e implementación del sistema de localización y control de inventarios que utiliza tecnología RFID. Indicadores: ➢ Nivel de interferencia del espectro radioeléctrico. ➢ Nivel de cobertura del almacén de carga suelta. ➢ Nivel de cobertura del patio de contenedores. Variables dependientes: • Tiempo de despacho de contenedores. • Tiempo de despacho de carga suelta. • Costo de operación. Indicadores: ➢ Reducción del tiempo de despacho de contenedores. ➢ Reducción del tiempo de despacho de carga suelta. ➢ Nivel de cumplimiento de despachos. ➢ Costo por unidad despachada.

Fuente. Elaboración propia.

3.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el tiempo de despacho, que involucra la localización y despacho de contenedores y carga suelta, de la empresa en estudio, debido a que sus actividades en el año 2014 la posicionan como una de las más representativas del sector de depósito temporal, a esto se suma que sus operaciones son desarrolladas de una manera tradicional. Según la declaración aduanera de mercancía del año 2014, esta empresa registro operaciones con un valor FOB superior a los $30 millones (ver Figura 8). Es importante considerar el estudio de esta empresa, debido que al estar ubicada en la cima del mercado no ha realizado innovaciones en lo referente a tecnologías de la información y comunicación en la gestión de sus almacenes

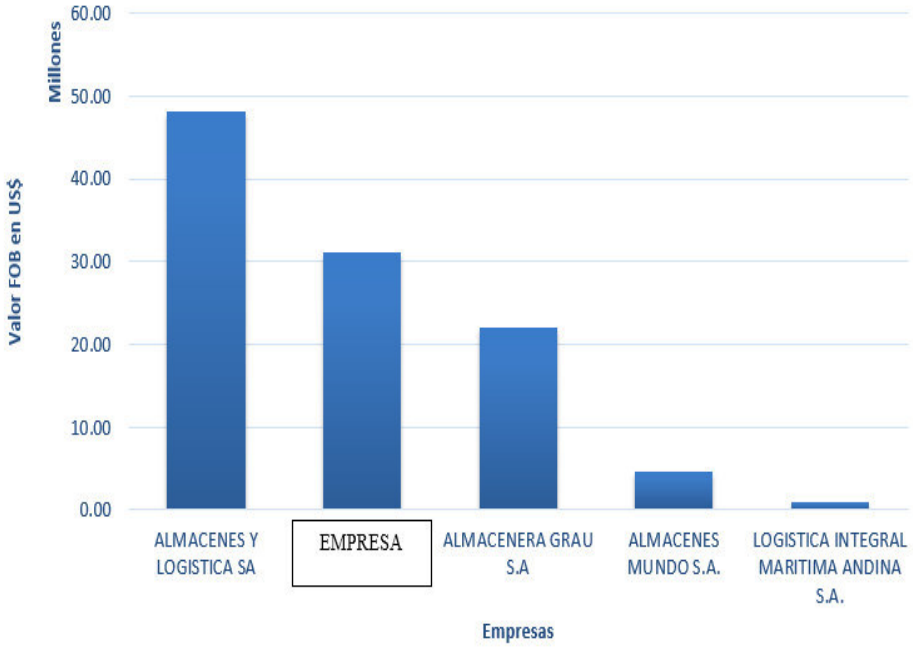


Figura 8. **Valor FOB por depósito en comparación con la competencia.** *Fuente.* Datos tomados de SUNAT-Declaracion aduanera de mercancia 2014.

3.4 Población de estudio

Se realizó una premuestra de 28 observaciones a los procesos localización y traslado de contenedores y carga suelta, con el fin de establecer la media y desviación estándar de la muestra, que permita por medio de la distribución t de student determinar el tamaño de muestra requerido para hacer el diagnóstico de los despachos.

$$n = \left(\frac{t * s}{\% \ error \ * \overline{\chi}} \right)^2$$

$n = Tamaño \quad de \ la \ muestra$
$s = Desviación \quad Estándar$
$\% \ error = Porcentaje \quad de \ error$
$t = Parámetro \quad t - student$
$\overline{\chi} = Media$

Una vez tabulada la prueba piloto, se obtuvo que el número de observaciones a realizar en el patio de contendores es de 17, con una probabilidad de error del 5%, 27 grados de libertad t= 2,0518, media de 23.6 y desviación estándar de 2.35.

En el caso de la carga suelta el número de observaciones es de 25, con una probabilidad de error del 5%, 27 grados de libertad t= 2,0518, media de 9.3 y desviación estándar de 1.14.

3.5 Técnicas de recolección de datos

Para llevar a cabo una efectiva evaluación se requiere buscar información confiable, para lo cual será necesario el uso de determinadas técnicas de recolección de datos. Entre las técnicas de recolección de datos utilizadas según el tipo de investigación se encuentran:

Observación directa: es utilizada durante todo el estudio, por ser una de las más efectivas herramientas de investigación que sirve para alcanzar los objetivos planteados y se puede definir como el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio donde éste se desenvuelve.

Entrevista: Consiste en la recopilación de información en forma directa, se obtiene datos del entrevistado siguiendo una serie de preguntas preconcebidas.

Revisión documental: Se revisaron los registros sobre los sistemas de administración de inventarios, los cuales sirven de soporte y guía para desarrollar las técnicas que nos permiten evaluar, analizar y diseñar las posibles soluciones a los problemas presentados.

3.6 Procesamiento de la información

Con la finalidad de llevar a cabo el análisis de los datos se utilizan herramientas informáticas que brinden el soporte necesario para obtener la precisión requerida en los resultados y que permitan agilidad en el procesamiento de la información obtenida en la recolección de datos.

En primer lugar la información recogida es trabajada en Excel para la obtención de los indicadores establecidos en la operacionalización de las variables. Para esto es necesario que se realicen dos mediciones, la primera que sirve como línea base (y que es mostrada en esta investigación) y la segunda que se deberá llevar a cabo para evaluar posteriormente su evolución al introducir los cambios.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Diagnóstico de la empresa en estudio

A continuación se describe y diagnostica los procesos, costos y situación actual de la empresa en estudio.

4.1.1 La empresa

La empresa es una de las principales agencias aduaneras de nuestro medio, con más de 25 años operando en el mercado, la empresa cuenta con una organización de profesionales debidamente capacitados e infraestructura para brindar un excelente servicio, de calidad y responsabilidad para sus clientes. El área de operaciones de la empresa dispone de un sistema interconectado con Aduanas, y con personal de experiencia en los procedimientos, normas legales y manejo de las operaciones de despacho aduanero.

La empresa cuenta con 3 almacenes descentralizados ofreciendo a sus clientes los servicios de depósito simple y autorizado, ubicados estratégicamente en la zona del Callao y cercanos al puerto y aeropuerto de la ciudad, la empresa alcanza una capacidad superior a los 50,000 m2 para almacenamiento simple, extraportuario y depósito autorizado de aduanas, lo cual permite almacenar su mercadería sin pago de impuestos hasta por 12 meses de acuerdo a la Ley General

de Aduanas. Los almacenes de la empresa cuentan de manera integral con las siguientes facilidades:

- Estantes para apilamiento vertical de mercadería.
- Seguridad privada y policial las 24 horas, así como sistema de circuito cerrado de televisión y perímetro de cerco eléctrico.
- Seguro de la mercadería a todo riesgo en los almacenes.
- Equipamiento básico: equipo montacarga, parihuelas, extinguidores, etc.
- Equipamiento para movimiento y apilamiento de contenedores (20’ y 40') como el stacker.
- Oficinas e instalaciones para personal de Aduanas (vista y resguardo); así como área de atención a clientes.

4.1.2 Descripción de los principales procesos

a) Procesos generales administrativos

Para que se realice el almacenamiento de un contenedor o carga suelta, el agente de aduana debe presentar la declaración única de aduanas (DUA), documento de transporte (B/L), ticket del terminal, factura comercial (Factura), lista de empaque (PL), guía de remisión, memo (en caso que la devolución del contenedor lo realice el operador logístico); y el precinto del contenedor; éstos documentos son entregados en las oficinas del almacén para generar la solicitud y la autorización para el pesado por balanza.

Se entrega al jefe de patio una copia de la solicitud, del servicio de apertura y la lista de empaque para que éste pueda generar la nota de tarja, que es un documento que

indica el estado de la mercadería. Se ingresa al sistema la DUA, luego se genera la recepción, el acta de apertura y responsabilidad (ésta se genera si la mercadería tiene daños o algún faltante).

A continuación se detallan los procesos administrativos de recepción de contendor o carga suelta en los siguientes pasos:

1. El agente deja la documentación en depósito, el tipo de documentación dependerá la forma de ingreso a depósito de la mercadería.
2. Se revisa la documentación.
3. Se genera la solicitud.
4. Se autoriza en el sistema integrado y se prepara los servicios respectivos.
5. Si es un ingreso que proviene de otro almacén se avisa a balanza la placa del contendor.
6. La mercadería es pesada en balanza.
7. Se coloca la mercadería en la zona de depósito.
8. Los almaceneros recogen la copia de solicitud y los servicios respectivos.
9. Se procede a la apertura.
10. Se ingresa al sistema integrado la declaración única de aduanas (DUA).
11. El almacenero revisa la mercadería y prepara la tarja.
12. La balanza hace la entrega de ticket de Depósito y las guías de remisión, si es un caso de ingreso. Si fuera traslado interno el ticket de depósito es reimpreso debido a que la carga sale del terminal de la misma empresa y se usa el mismo peso que sale en el sistema.
13. El almacenero entrega la tarja a depósito.

14. A través del sistema integrado se emite la recepción de mercadería, con los daños o faltantes encontrados si es que hubiese.
15. Se emite el acta de apertura, en caso que la mercadería haya ingresado en contenedor y sea régimen aduanero.
16. Se emite el acta de responsabilidad, con ayuda de un formato en Excel, en caso la mercadería haya presentado faltantes o daños. Es usado cuando la mercadería ha ingresado bajo régimen aduanero tanto para carga suelta como para contenedor.
17. Emisión del Certificado de depósito por el Sistema integrado.

b) Procesos generales de manipulación de contendores

Los procesos que un contenedor sigue desde su ingreso, almacenamiento y despacho se detallan en la Figura 9.

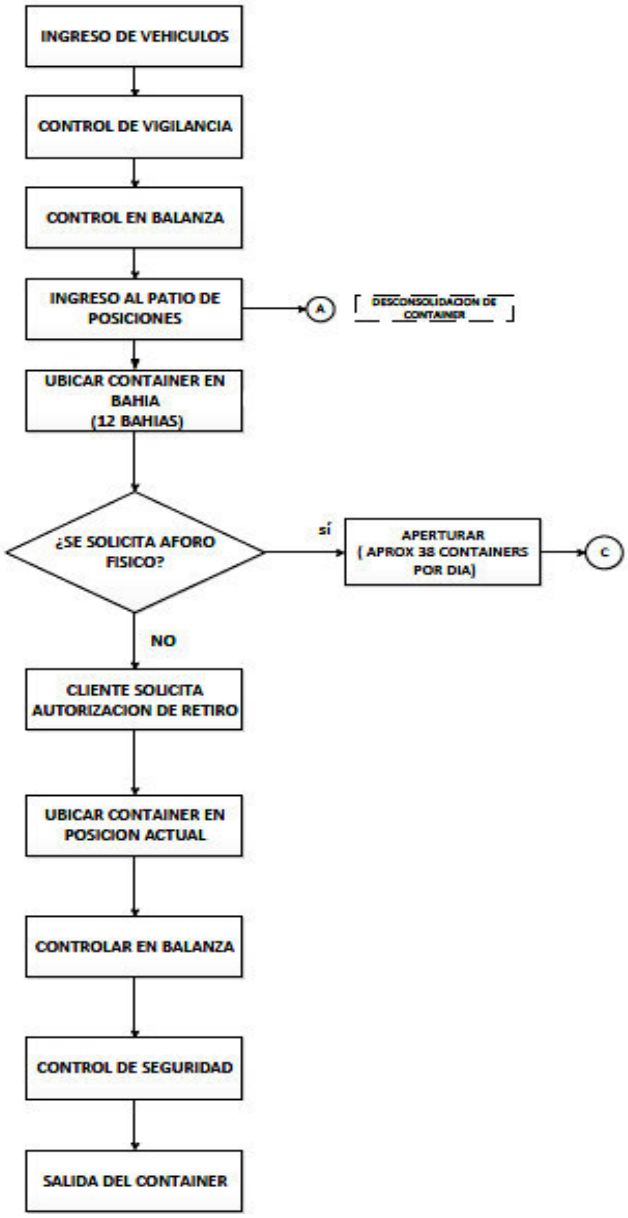


Figura 9. **Diagrama de flujo-Movimiento de contenedores.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio.

Si se realiza la desconsolidación de un contenedor, los procesos que sigue la carga suelta se detallan en la Figura 10, la carga es clasificada y paletizada, antes de realizar su traslado y registrar su ubicación en un espacio disponible de los anaqueles del almacén de carga suelta.

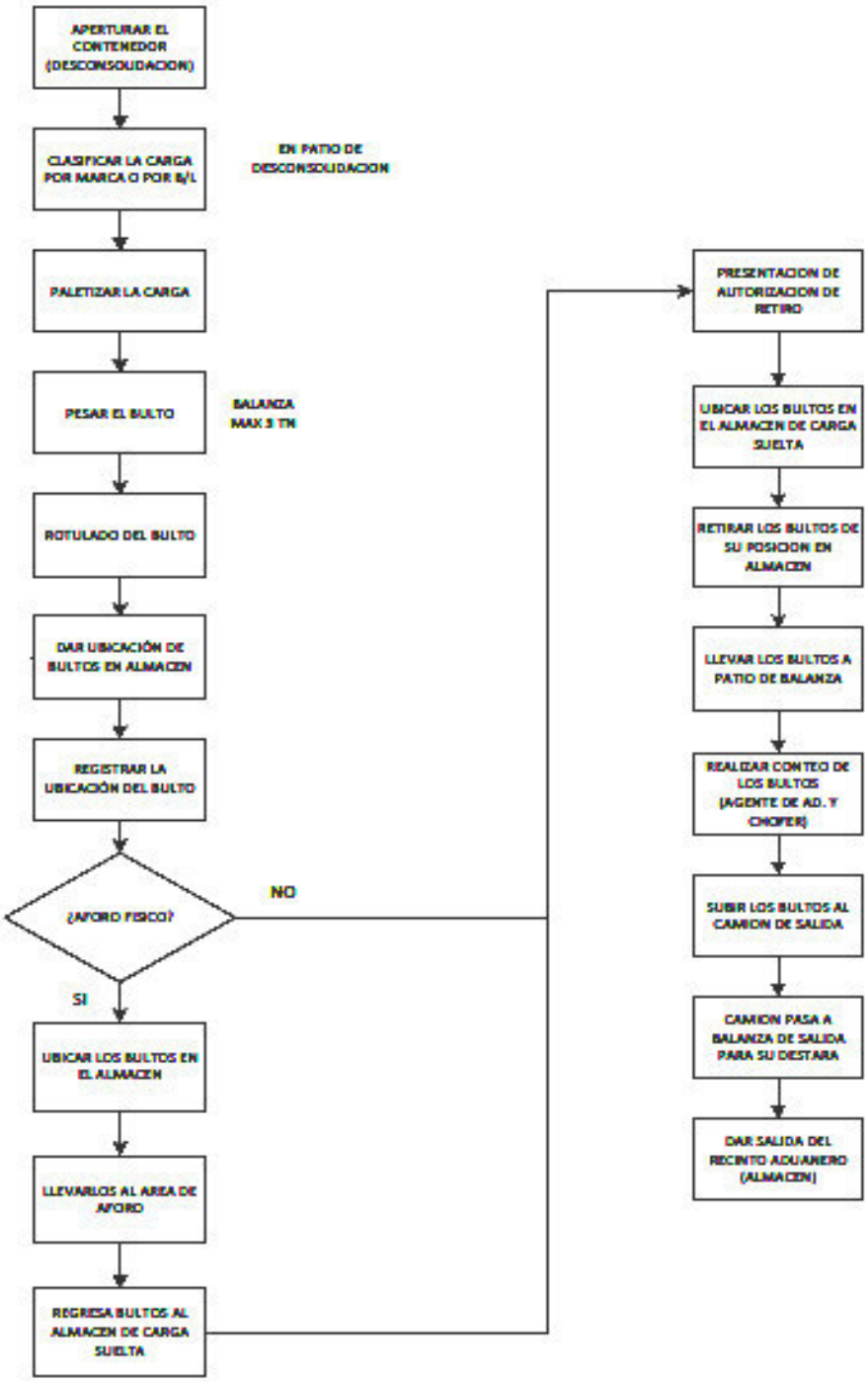


Figura 10. **Diagrama de flujo-Movimiento de carga suelta.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio.

Los procesos que sigue el contendor para el aforo físico se detallan en la Figura 11, estos procesos se realizan con el fin de verificar lo declarado en presencia del funcionario

aduanero. Todos los procesos descritos involucran que el stacker manipule los contenedores para su almacenamiento, así como también para la localización y traslado en el caso de una solicitud de aforo físico o despacho.

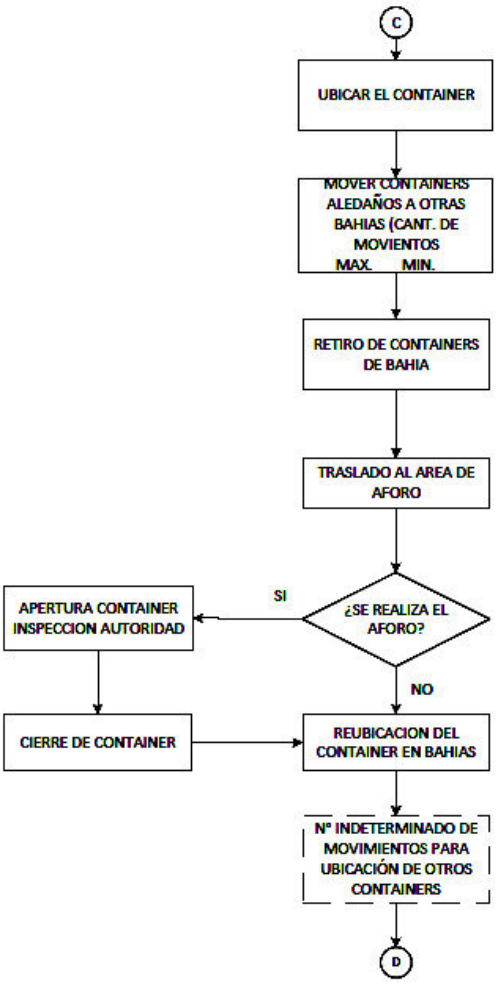


Figura 11. **Diagrama de flujo-Aforo fisico.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio.

De los procesos descritos, la localización de un contenedor y la verificación de existencias son tareas complicadas para el personal, debido a un extenso patio de contenedores dividido en 12 bahías, algunas agrupan 16 contenedores de 40’ (4 filas y 4 columnas) y otras con 32 contenedores

de 20’ (4 filas y 8 columnas), a esto se suma un almacén de carga suelta con anaqueles de hasta 9 metros de altura abarrotados de carga paletizada que dificultan hacer una lectura del código.

Actualmente, la empresa cuenta con un sistema basado en código de barras y registros manuales que son ingresados a su sistema de información que constantemente es monitoreado por aduanas. El registro manual tiene una alta posibilidad de cometer muchos errores, mientras que el código de barras tiene sus limitaciones como lectura a muy corta distancia, poca capacidad de almacenamiento de datos, fácil deterioro, entre otras.

4.1.3 Duración de los principales procesos

La búsqueda de contenedores para cumplir con las ordenes de despacho, aforo previo y aforo físico, se realiza mediante registros físicos que elabora el jefe de patio, quien informa al conductor del stacker sobre la bahía en que se encuentra el contenedor y algunas características del mismo, la ubicación exacta del contenedor en la bahía se realiza mediante una búsqueda visual de las posibles posiciones que podría ocupar. El tiempo que requieren las diferentes actividades de manipulación de un contenedor se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. **Tiempo promedio de manipulación de contenedor.**

ACTIVIDAD		TIEMPO (minutos)
1. Revisión del contenedor por seguridad en la puerta de ingreso.		1.15
2. Ingreso del camión con el contenedor y posicionamiento en el área de pesaje.		0.55
3. Pesaje de ingreso		1.05
4. Movimientos del stacker para la ubicación del contenedor en una posición.	Tiempo de espera para ser cargado	3.97
	Tiempo de carga o descarga del camión por stacker	2.02
	Tiempo promedio por movimiento a bahía aledaña	1.67
	Tiempo promedio por movimiento a bahía alejada	2.58
	Tiempo mínimo por localización y traslado	2.5
	Tiempo máximo por localización y traslado	41.4
	Tiempo promedio por localización y traslado	23.6
5. Espera de vehículo de transporte y posicionamiento en el área de pesaje.		8.75
6. Pesaje de salida		2.08
7. Revisión del contenedor por seguridad en la puerta de salida.		0.43
8. Salida		0.1

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes al año 2014.

El tiempo requerido para atender las ordenes de aforo previo, físico y despacho son los más extensos, debido a que la localización y traslado de un contenedor dilatan el flujo de actividades dentro del almacén, como mínimo puede tomar 2 minutos y como máximo 41 minutos (ver Cuadro 3), esta gran diferencia depende del tiempo que lleva ubicar un contenedor y la cantidad de movimientos que debe realizar el stacker para mover los contenedores aledaños y retirar el contenedor buscado.

Si se considera que la cantidad mensual máxima de contenedores (importación y exportación) que pueden ser manipulados por el almacén de aduanas es de 784 (ver Cuadro 4), y si a esto se suma la cantidad contenedores que serán manipulados para atender las solicitudes de aforo previo y

físico, entonces es evidente la necesidad de reducir el tiempo de los procesos de manipulación de contenedores.

Cuadro 4. **Cantidad de contenedores atendidos.**

Contenedor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Importación	710	630	612	615	734	771	992	887	699	723	870	890
Exportación	23	15	19	34	21	13	21	53	25	20	34	28
Total	733	645	631	649	755	784	1013	940	724	743	904	918

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes al año 2014.

De manera similar, en el almacén de carga suelta la búsqueda, ingreso y salida de mercadería se realiza mediante un registro manual, los tiempos que requieren las diferentes actividades de manipulación de carga suela que inicia con la desconsolidación de carga se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. **Tiempo promedio por manipulación de carga suelta.**

ACTIVIDAD		TIEMPO (minutos)
1. Retiro y verificación de la carga contenedorizada		74.2
2. Paletizado de carga suelta		45.1
3. Pesaje y rotulado		15.3
4. Movimientos del cargador frontal para ubicar la carga suelta en una posición	Tiempo de espera para ser cargado	2.3
	Tiempo promedio de almacenamiento	8.32
	Tiempo promedio por localización y traslado	9.2
	Tiempo de carga al camión por montacargas	1.4
5. Espera de vehículo de transporte y posicionamiento en el área de pesaje.		6.3
6. Pesaje de salida		2.1
7. Revisión de la carga por seguridad en la puerta de salida.		0.55
8. Salida		0.1

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes al año 2014.

4.1.4 Costos del almacén

Los costos del almacén están representados por los costos de operación y almacenamiento de mercancía. Durante el año 2014, la empresa registro un costo total de operación de $861195, del cual el 12% representa el consumo de combustible y el 4% representa el alquiler de equipo y maquinaria, mientras que el costo de operación mensual es de $71766 en promedio (ver Figura 12).

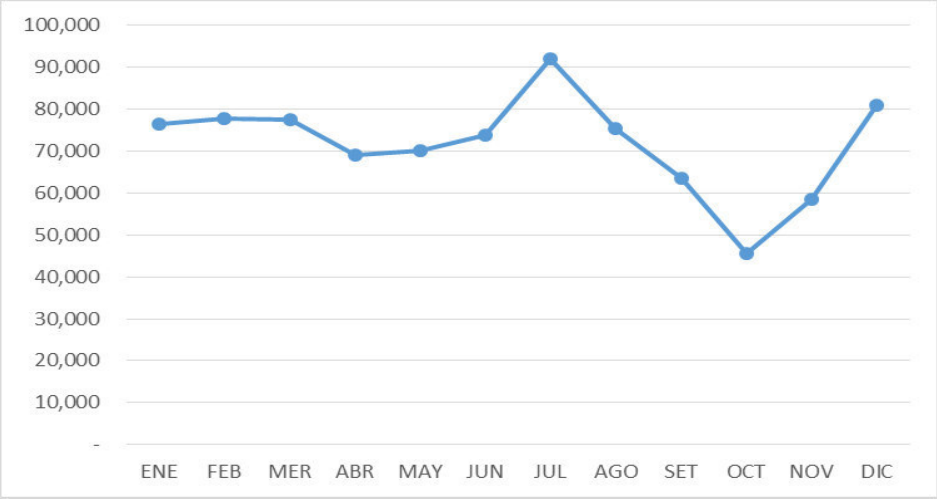


Figura 12. **Costos de operación mensual.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes al año 2014.

El costo de operación mensual más alto fue de $91970 durante el mes de julio, esto en proporción directa al aumento de la cantidad de contenedores que son movilizados por el almacén durante ese mes (ver Cuadro 4).

Los costos de almacenamiento ascienden a un total de $605824, del cual el 35% representa el mantenimiento de las instalaciones y el 31% representa la seguridad del local y custodia (ver Figura 13).

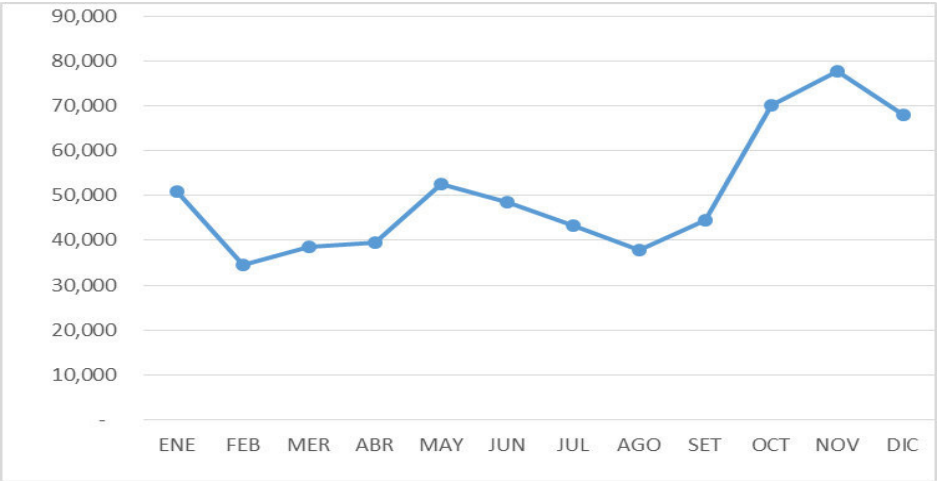


Figura 13. **Costos de mantenimiento mensual.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes al año 2014.

Ante el incremento de los últimos años de la cantidad de contenedores de importación que circulan por las bahías de este almacén de aduanas (ver Figura 14), resulta evidente el incremento de las actividades de localización de contendores y de las tareas que realizara el stacker para manipular y trasladar los contenedores.

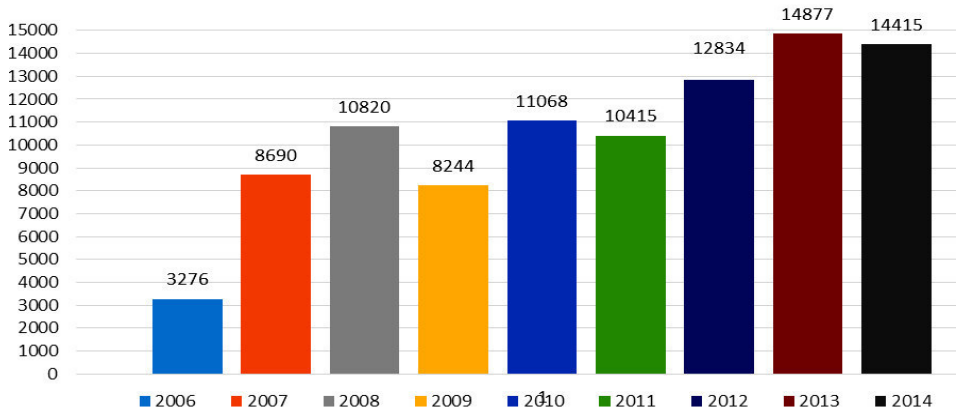


Figura 14. **TEUs de ingreso anual por importación.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio.

El stacker realiza diferentes movimientos de los contenedores hasta llevarlos a una ubicación deseada, al estar los contenedores apilados en bahías, un contenedor tendrá diferentes ubicaciones antes de que salga del almacén. En la Figura 15 se puede ver la cantidad de movimientos del stacker durante el año 2014, con un promedio mensual de movimientos de 6285 y un máximo de 9467 movimientos en el mes de julio.

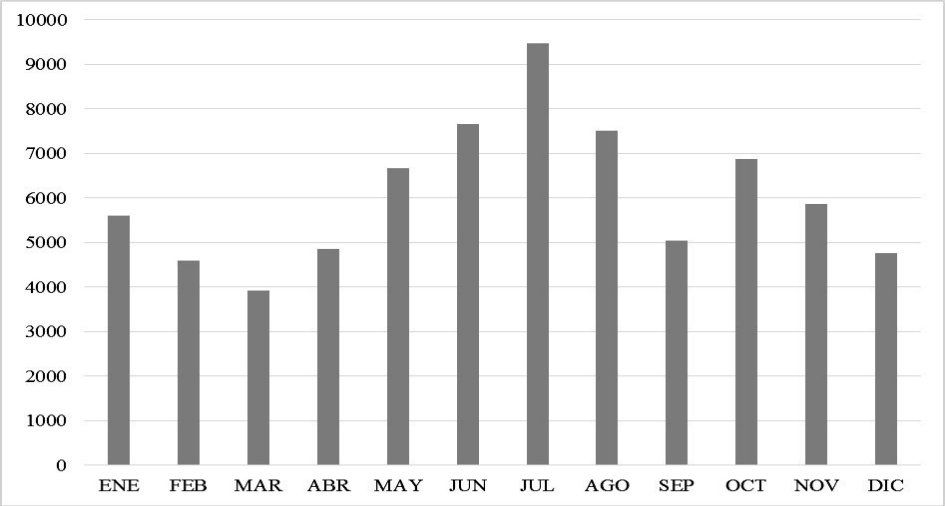


Figura 15. **Movimientos del Stacker.** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio correspondiente al año 2014.

Como se puede apreciar en la Figura 16, para el año 2014 el costo de combustible mensual es de $6674 en promedio y alcanza un valor máximo de $12231 en el mes de julio. Entonces, con la tendencia al crecimiento de la cantidad de contenedores que circulan por el almacén de adunas habrá un aumento en el costo por combustible que consume el stacker, por lo que resulta necesario mejorar la localización de contenedores.

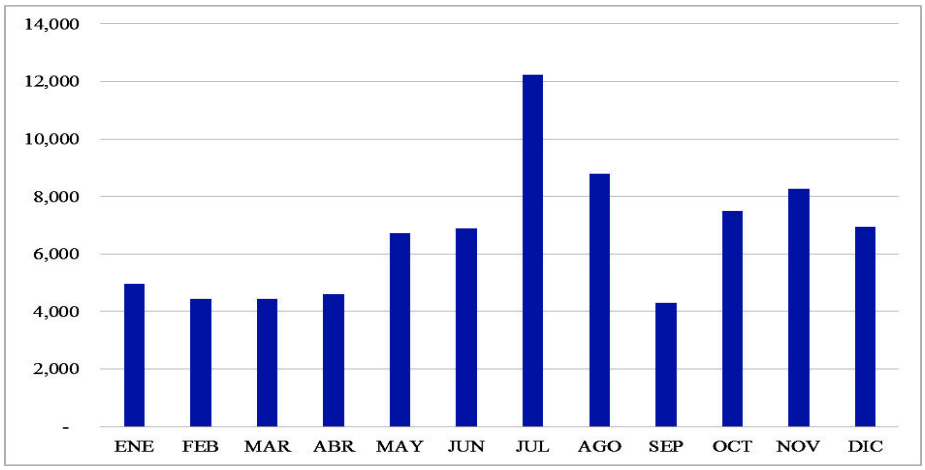


Figura 16. **Consumo de combustible del Stacker (Dólares).** *Fuente.* Datos tomados de la empresa en estudio.

4.1.5 Situación actual

Para determinar la situación actual se realizó una observación durante 30 días de las actividades realizadas en el almacén, logrando elaborar un listado de las causas de dilatación de tiempo y la cantidad de veces que ocurrió cada una de ellas.

Cuadro 6. **Causas de dilatación de tiempo.**

Ítem	Incidencias	Cant.	%
A	Demora por localización de contenedor	34	33
B	Sistemas de información ineficientes	27	26
C	Falta de zonas de apertura	16	16
D	Falta de stacker	8	8
E	Falta de almaceneros	7	7
F	Congestionamiento en balanza	5	5
G	Demora en la puerta de ingreso	3	3
H	Falta de equipo de comunicación	2	2
I	Falta de mantenimiento preventivo	1	1
	Total	103	100

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio

De acuerdo al gráfico de Pareto se observa que las 3 primeras incidencias representan el 80% de las causas de dilatación de tiempo (ver Figura 17), entonces para poder mejorar los procesos del almacén de aduanas se debe comenzar por mejorar el sistema de localización de contenedores.

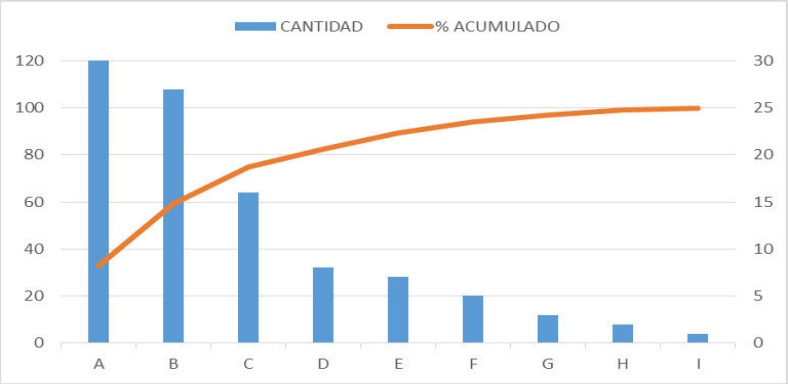


Figura 17. **Diagrama de Pareto de las causas de dilatación de tiempo.** *Fuente.* Elaboración propia.

Se realizó una encuesta por correo con preguntas de respuesta cerrada (ver Anexo 2). Se encuesto a 30 clientes, esta cantidad de encuestados representa el total de los clientes regulares que tiene la empresa en estudio.

Se consultó a los clientes sobre cómo calificaría a la empresa según el tiempo en que realiza su servicio. De las respuestas obtenidas, el 42% de los clientes califica el servicio como regular, mientras que el 58% restante lo califican como bueno.

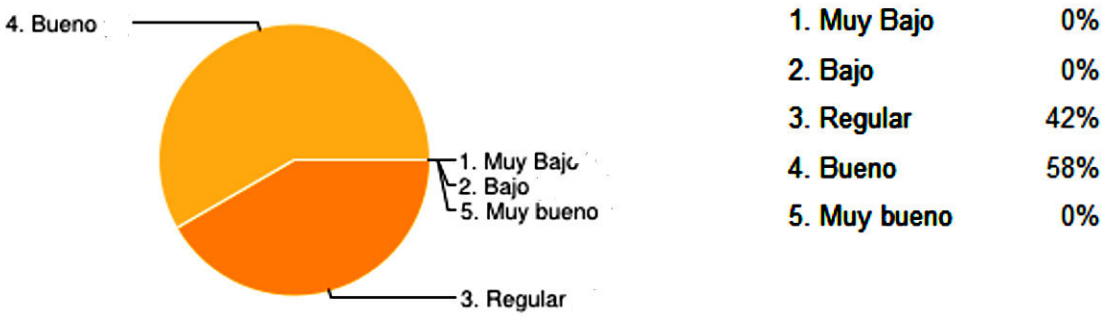


Figura 18. **Resultados de encuesta – Segunda pregunta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Los clientes fueron consultados, sobre cómo califica a la Empresa respecto a su satisfacción con la calidad del servicio. El 75% de los clientes califica el servicio como regular y 8% como bajo, mientras que el 17% restante lo califica como bueno.

Figura 19. **Resultados de encuesta – Tercera pregunta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Los clientes fueron consultados sobre la importancia que le dan al precio por el servicio prestado, el nivel de importancia va desde 1 (menos importante) hasta 4 (muy importante). Solo el 8% de los encuestados coincidieron en señalar que el precio del servicio prestado era un aspecto muy importante, mientras

que para el 25% de los encuestados el precio del servicio es menos importante.

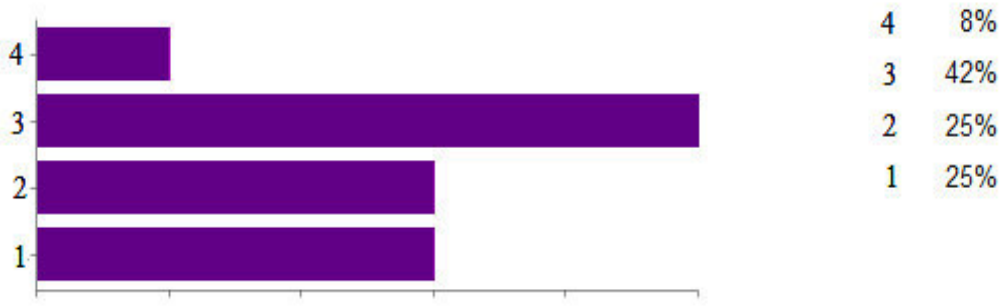


Figura 20. **Resultados de encuesta – Cuarta pregunta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Los clientes fueron consultados sobre la importancia que le dan al tiempo de atención, el nivel de importancia va desde 1 (menos importante) hasta 5 (muy importante). El 83% de los encuestados coincidieron en señalar, que el tiempo de atención es uno de los aspectos más importantes que debe ser optimizado.

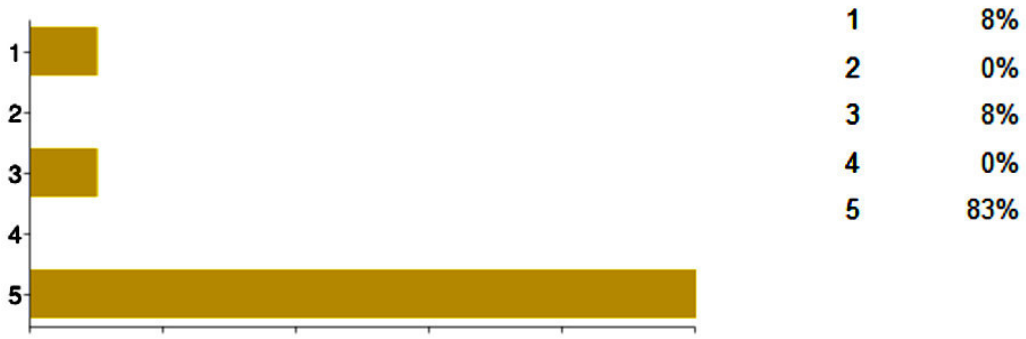


Figura 21. **Resultados de encuesta – Quinta pregunta.** *Fuente.* Elaboración propia.

4.1.6 Indicadores de la variable dependiente

Desde el mes de enero del 2014 a mayo del 2015, se obtuvieron los datos del costo operativo, las unidades atendidas y los despachos realizados. Estos datos son utilizados para el cálculo de los indicadores con la finalidad de monitorear el desempeño actual de las actividades realizadas por el almacén. Estos indicadores se mencionan a continuación.

a) **Nivel de cumplimiento de despachos:** Este indicador tiene como objetivo dar a conocer el nivel de efectividad de las órdenes de despacho. Para ello relaciona la cantidad de despachos cumplidos a tiempo respecto al total de despachos. Del Cuadro 7, se puede estimar que el valor promedio de este indicador es de 94.8%. En apariencia, este valor promedio obtenido representa un nivel de despachos muy efectivo, pero se debe considerar que la empresa programa la atención de despachos fijando un largo plazo de entrega que afecta la satisfacción del cliente. A pesar de las ventajas operativas que da la programación de despachos, este no se llega a cumplir en su totalidad debido a problemas que se detallan en el Cuadro 6.

Cuadro 7. **Nivel de cumplimiento del despacho.**

Mes - Año	Nivel de cumplimiento de despachos (% de despachos atendidos a tiempo)
ene-14	92.7%
feb-14	91.2%
mar-14	92.4%
abr-14	93.0%
may-14	94.2%
jun-14	96.2%
jul-14	96.4%
ago-14	95.1%
sep-14	95.6%
oct-14	98.0%
nov-14	97.3%
dic-14	96.4%
ene-15	94.7%
feb-15	93.8%
mar-15	91.9%
abr-15	94.5%
may-15	97.6%

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes a los años 2014-2015.

b) **Costo por unidad despachada:** Este indicador nos permite controlar el nivel de costos operativos. Para su cálculo se relacionan los costos de operación respecto al total de órdenes de despacho atendidas. Del Cuadro 8, se puede estimar que el valor promedio es de $96.4 por cada orden de despacho atendida.

Cuadro 8. **Costo por unidad despachada**

Mes - Año	Costo por unidad despachada ($ por orden)
ene-14	104.6
feb-14	120.6
mar-14	122.9
abr-14	106.5
may-14	92.9
jun-14	94.2
jul-14	90.8
ago-14	80.3
sep-14	87.9
oct-14	61.5
nov-14	64.8
dic-14	88.2
ene-15	106.3
feb-15	121.2
mar-15	120.8
abr-15	109.5
may-15	66.4

Fuente. Datos tomados de la empresa en estudio correspondientes a los años 2014-2015.

4.2 Diseño e implementación del sistema RFID para la localización y control de inventarios

El objetivo de esta investigación es diseñar e implementar un sistema RFID para identificar y ubicar los contenedores que son almacenados en el patio de contenedores de la empresa en estudio. Un complemento al sistema propuesto es el control e identificación de la carga paletizada que ingresa y sale del almacén de carga suelta.

Para el diseño de un sistema RFID hay que tener en cuenta diversos factores como el rango de alcance para mantener la comunicación, la cantidad de información que puede almacenar el tag, la velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiqueta, el tamaño físico de la etiqueta, la habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez y la robustez que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre lector y etiqueta. Se debe tener en cuenta también el nivel de emisión para no sobrepasar las regulaciones impuestas por el ministerio de transportes y comunicaciones.

La identificación debe ser única, almacenando datos relevantes como la fecha de ingreso, propietario, información sobre la mercadería, ubicación, y otra información adicional, etc.

Este diseño se fundamenta en el estudio de factibilidad técnica para la implementación de la tecnología RFID al proceso de localización de la empresa en estudio, la idea es sentar las bases de todos los problemas que se deben resolver cuando se desea diseñar e implementar un sistema con tecnología RFID.

Por lo tanto en esta tesis, aunque se trata un problema en particular, como es el inventario de un almacén de aduanas, la solución propuesta con ciertas variantes, podría resolver otros casos de estudio. A continuación, se realiza un análisis de las características necesarias del sistema.

4.2.1 Diseño del sistema RFID

Los sistemas de monitoreo intentan resolver el problema de control de inventario, con el objetivo de rastrear y localizar objetos. El sistema de monitoreo emplea etiquetas que se adhieren a los mismos, y dispositivos lectores que reciben la

señal inalámbrica de dichas etiquetas, permitiéndoles calcular su posición dentro del área monitoreada. En este contexto, se define el área monitoreada como la superficie física que se desea controlar, ya sea esta superficie un depósito, sala, piso, o un edificio en el cual se hallan los bienes que a su vez podrían ser activos fijos, productos comerciales o cualquier otro bien.

Esta investigación diferencia dos tipos de sistemas de monitoreo: sistema semiautomático, que se define como aquel que requiere de intervención humana e implica procesos manuales, tiempo de comunicación y tiempo de respuesta extra; en tanto un sistema automático se define como aquel que requiere de mínima intervención humana, la comunicación y el tiempo de respuesta son menores como resultado a la interacción proporcionada por sus componentes. Este proyecto se enfoca en ambos sistemas, por lo que el sistema automático pondrá en línea de la información y ubicación de contenedores y carga suelta, mientras que un sistema semiautomático permitirá a los trabajadores facilitar sus actividades mediante el uso de un lector manual.

Debido a la existencia de varias alternativas en los sistemas RFID, se realizó un análisis de las mismas, teniendo en cuenta criterios de funcionalidad requeridos para implementar un sistema de monitoreo. Los factores a tenerse en cuenta en el diseño de un Sistemas RFID se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. **Factores para el diseño de un sistema RFID.**

Característica	RFID Pasivo (UHF)	RFID Activo	RFID Activo (Wi-Fi)
Alcance	6m	30m	30m
Capacidad de Memoria	Típicamente en orden de bits o pocos kilobytes	Típicamente en orden de kilobytes	Típicamente en orden de kilobytes
Velocidad de flujo de datos	Típicamente 128kbps	Hasta orden de Mbps	Orden de Mbps
Tamaño del *Tag*	Pequeñas	De mayor tamaño que los *tags* pasivos	Aprox. entre: 45 x 55 x 19 mm y 180 x 85 x 45 mm
Lectura múltiple	Aproximadamente 1200 *tags*/seg	Mayor cantidad que los pasivos	Mayor cantidad que los pasivos
Frecuencia Utilizada	860-960MHz	Típicamente 2.4 GHz	2.4 GHz
Tipo de acoplamiento	Propagación por ondas electromagnéticas	Propagación por ondas electromagnéticas	Propagación por ondas electromagnéticas
Manejo de Interferencias Electromagnéticas	Peor	Mejor	Mejor

Fuente. Datos tomados de Báez (2013).

El Cuadro 10 compara los diferentes tipos RFID considerando las funcionalidades requeridas para implementar un sistema de monitoreo. En la misma se puede observar que todos los tipos de RFID permiten la identificación única de bienes y no poseen limitaciones de línea de visión; los RFID Wi-Fi requieren mucha energía para su funcionamiento y los RFID pasivos poseen un radio de cobertura bajo pero cuentan con una mejor portabilidad.

Elegir el rango de frecuencia es uno de los parámetros de diseño más importante a la hora de crear un sistema RFID, y se deberá adecuar a la aplicación diseñada. Una mayor frecuencia suele significar una mayor velocidad en la transmisión de datos, aunque también encarece el precio del sistema.

Cuadro 10. **Funciones de los sistemas RFID.**

Funcionalidades	RFID Pasivo	RFID Activo	RFID Activo (Wi-Fi)
Identificación única de los bienes	Cumple	Cumple	Cumple
Rendimiento constante	Cumple	Cumple	Cumple
No posea limitaciones de línea de visión	Cumple	Cumple	Cumple
Radio de cobertura de gran alcance	Bajo	Alto	Alto
Portabilidad	Alta	Media	Media
Buena precisión en la localización	Alta	Media	Media

Fuente. Datos tomados de Báez (2013).

El costo de los tags ha ido disminuyendo conforme avanzaba la tecnología. Cuanta mayor capacidad de memoria y más complicación tenga su circuitería, mayor será su costo. Hay que tener en cuenta también que el encapsulado del tag puede encarecer el precio de este, ya que pueden trabajar en zonas donde reciben unas condiciones extremas de humedad y temperatura. Por lo que deben ser unos encapsulados muy resistentes, lo que suele conllevar un alto precio.
Los tags activos suelen ser más caros que los pasivos, así como los tags que operan a una frecuencia más elevada son también más caros.

El hecho de que los sistemas de RFID generen y radien ondas electromagnéticas implica que éstos sean clasificados como sistemas de radio. El funcionamiento de otros sistemas de radio no debe verse interrumpido o perjudicado, bajo ninguna circunstancia, por las ondas emitidas por un sistema de identificación por radiofrecuencia.

Es importante asegurar que los sistemas RFID no interfieran con la televisión y la radio, los servicios de radio móviles (policía, seguridad, industria), las comunicaciones marinas y

aeronáuticas y los teléfonos móviles. La necesidad de acomodar otros servicios de radio disminuye significativamente la variedad de frecuencias disponibles en las que podemos trabajar a la hora de implementar un sistema de RFID. Por este motivo, sólo es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (Industrial-Scientific-Medical) o SRD y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

Para seleccionar el sistema de RFID es indispensable adecuar los parámetros de diseño a la aplicación en la que se está trabajando. Los criterios principales a la hora de seleccionar el sistema de RFID son:

- **Frecuencia del sistema:** Se tiene en cuenta la absorción que realiza el agua o substancias no conductivas, por esta razón sistemas HF (High Frecuency) fueron los primeros en ser usados por su gran penetración en los objetos. Los sistemas de microondas pueden trabajar a un rango mayor, pero requiere el uso de una batería adicional para alimentar el tag, que no tiene suficiente con la energía que le proporciona el lector.

  Los sistemas de microondas y de HF tienen tiene buen desempeño frente a la interferencia por campos electromagnéticos, como por ejemplo los que producen motores eléctricos. Por otro lado poseen una mayor capacidad de memoria y mayor resistencia a las altas temperaturas.

- **Rango de alcance:** El rango de alcance necesario para esta aplicación determinada viene dado por tres factores: la posible posición del tag, la distancia mínima entre tag en la zona de operación y la velocidad del tag en la zona de interrogación del lector. Los sistemas de microondas y de HF, tienen un campo mucho más direccional ofrecen claras ventajas sobre los campos no direccionales que crean los sistemas con acoplamiento inductivo. Por otro lado, la velocidad de los tags con respecto al lector en relación con la máxima distancia de lectura/escritura, reduce el tiempo que tiene que estar en la zona de interrogación del lector para poder transmitir toda su información.

- **Capacidad de memoria:** La cantidad de información que puede albergar el chip del tag y el precio, es otra variable que se debe manejar a la hora de diseñar un sistema de RFID para esta aplicación. Para la cantidad de información que se va a escribir es necesario tags con memoria EEPROM (memoria programable borrable de solo lectura) o RAM (memoria de acceso aleatorio). La memoria EEPROM se usa principalmente en los sistemas de acoplamiento inductivo, dispone de capacidades de memoria entre los 16bytes a los 8Kbytes. Las memorias RAM disponen de baterías que son usadas en sistemas de microondas, con una memoria que oscila alrededor de los 256bytes y 64Kbytes.

4.2.1.1 Descripción del sistema RFID

A continuación, se realiza el planteamiento de cada sistema: pasivo y activo Wi-Fi, en cada caso se

detalla sus características de acuerdo a las características del almacén de carga suelta y del patio de contenedores respectivamente.

a) Sistema RFID Pasivo

Los sistemas RFID pasivos que operan en el rango UHF (860 – 960 MHz) ofrecen un buen equilibrio entre alcance y velocidad de lectura, pudiendo tener una cobertura de 6 metros, como se señaló en el Cuadro 9. Considerando que la superficie a monitorear cuenta con un área de 3000 metros cuadrados, dividida por grandes estantes, resulta adecuado la implementación de un sistema RFID pasivo para llevar un control de la carga que entra y sale del almacén, mediante la implementación de un portal para la identificación de TAG pasivos que identifican la carga paletizada.

b) Sistema RFID Activo Wi-Fi

Los sistemas RFID activos Wi-Fi trabajan en la frecuencia 2,4 GHz igual que los RFID Activos y por tanto presentan los mismos beneficios. Tienen un promedio de radio de cobertura de 30 m como se indicó en la Cuadro 9. Los sistemas que utilizan la infraestructura Wi-Fi proporcionan un rendimiento equivalente a los que utilizan la infraestructura dedicada exclusivamente para el objetivo de monitoreo de un área. El planteamiento del sistema RFID Activo Wi-Fi resulta ideal debido a que el área de cobertura es demasiado extensa, por lo que los lectores requerirán puntos fijos desde los cuales puedan hacer transferencia de datos en forma inalámbrica, para lograr el mayor alcance es

recomendable colocar los lectores en los pasillos principales y en los pasillos de separación entre bahías de contenedores, separados uno de otro aproximadamente por una distancia de 50 m en forma horizontal. Esta disposición permitirá monitorear todas las dependencias y áreas de circulación en las bahías de contenedores.

4.2.1.2 Análisis de Interferencia del Espectro Radioeléctrico

Para la implementación de una red de identificación por radiofrecuencia (RFID), se necesita identificar bandas de frecuencias no licenciadas, que al ser de uso libre pueden ser explotadas por cualquier usuario, por lo que surge la necesidad de realizar un barrido de espectro radioeléctrico en el área donde se implementara el proyecto, de esta manera se puede identificar las frecuencias de bandas que se encuentran disponibles para los objetivos planteados. En este estudio se analizaran las bandas de frecuencias comprendidas entre los rangos de 915MHZ-928MHZ (RFID Pasivo) y 2400MHz-2483MHz (RFID Activo).

a) Primera Prueba

Para completar la primera prueba se han elegido diferentes puntos dentro del área de almacenamiento de carga suelta, los cuales han sido georreferenciados con coordenadas según el sistema geodésico mundial de 1984 (WGS84). Para la medición en frecuencia y amplitud del espectro radioeléctrico (representado en dBm) para una banda

de frecuencias de 15MHz a 928MHz con un ancho de banda de resolución (RBW) de 1MHz, rango de frecuencias (SPAN) de 13MHz y protocolo de acceso compartido (SWAP) de 3 mseg, utilizó el software MCS de Aronia. Los resultados se encuentran resumidos en el Cuadro 11.

Cuadro 11. **Resultados de la primera prueba de espectro radioeléctrico.**

PUNTO	LATITUD(S)	LONGITUD(O)	NIVEL DE POTENCIA(dBm)	NIVEL DE POTENCIA(mW*10e-10)	FRECUENCIA(MHz)
1	12.00217	77.13235	-79.75	105.90	924.88
2	12.00209	77.13261	-79.87	103.00	924.64
3	12.00200	77.13307	-79.17	121.00	925.14
4	12.00190	77.13358	-79.70	107.10	924.88
5	12.00163	77.13351	-79.95	101.10	924.88
6	12.00143	77.13348	-79.92	101.80	924.88
7	12.00151	77.13298	-79.63	108.80	924.88
8	12.00171	77.13220	-79.64	108.60	924.88
9	12.00159	77.13174	-78.42	143.80	924.62
10	12.00177	77.13073	-80.73	84.52	924.88
11	12.00216	77.13087	-80.21	95.28	925.14
12	12.00226	77.13124	-80.62	86.70	925.14
13	12.00231	77.13164	-81.21	75.68	924.88
14	12.00223	77.13188	-81.23	75.33	924.62
15	12.00203	77.13210	-80.59	87.30	925.14
16	12.00189	77.13157	-80.76	83.94	925.14
17	12.00180	77.1326	-80.88	81.66	924.88
NIVEL PROMEDIO DE POTENCIA			-80.13	97.05	

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al cuadro anterior, se determina que el espectro en la banda de 915MHz a 928MHz medido en el almacén de carga suelta, tiene un nivel promedio de potencia de -80.13 dBm, el que resulta ser muy inferior para causar alguna interferencia, por lo que es posible implementar la red de identificación por radiofrecuencia.

b) Segunda Prueba

Para completar la segunda prueba se han considerado los mismos puntos de la primera prueba. La medición en frecuencia y amplitud del espectro radioeléctrico (representado en dBm) para una banda de frecuencias de 2400MHz a 2483MHz con un RBW de 1MHz, SPAN de 13MHz y SWAP de 3 mseg utilizó el software MCS de Aronia. Los resultados se encuentran resumidos en el Cuadro 12.

Cuadro 12. **Resultados de la segunda prueba de espectro radioeléctrico.**

PUNTO	LATITUD(S)	LONGITUD(O)	NIVELDE POTENCIA(dBm)	NIVEL DE POTENCIA(mW*10e-10)	FRECUENCIA(MHz)
1	12.00217	77.13235	-86.76	21.09	2482.00
2	12.00209	77.13261	-86.39	22.96	2471.50
3	12.00200	77.13307	-85.69	26.98	2471.50
4	12.00190	77.13358	-86.01	25.06	2466.00
5	12.00163	77.13351	-85.10	24.54	2477.50
6	12.00143	77.13348	-84.96	31.92	2477.50
7	12.00151	77.13298	-84.68	34.04	2477.00
8	12.00171	77.13220	-86.44	22.70	2466.00
9	12.00159	77.13174	-85.40	28.84	2471.50
10	12.00177	77.13073	-85.51	28.12	2477.00
11	12.00216	77.13087	-85.54	27.92	2466.00
12	12.00226	77.13124	-86.44	22.70	2477.00
13	12.00231	77.13164	-86.35	23.17	2477.00
14	12.00223	77.13188	-86.47	22.54	2474.00
15	12.00203	77.13210	-85.95	25.41	2477.50
16	12.00189	77.13157	-86.42	22.80	2481.50
17	12.00180	77.1326	-85.41	28.77	2466.00
NIVEL PROMEDIO DE POTENCIA			-85.85	26.00	

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al cuadro anterior, podemos concluir que el espectro en la banda de 2400MHz a 2483MHz medido en el almacén de contenedores, tiene un nivel promedio de potencia de -85.85 dBm. El nivel promedio obtenido de la prueba resulta ser muy

inferior para causar alguna interferencia, por lo que sería posible implementar la red de identificación por radiofrecuencia. Generalmente en esta Banda de Frecuencia operan los enlaces de banda ancha (WiFi), que brindan servicio de internet, video vigilancia, etc.; pero de acuerdo a las pruebas realizadas se pudo determinar que esta banda no está saturada en la zona donde se realizaron las pruebas.

4.2.2 Implementación del sistema RFID

Como se ha comentado anteriormente, el objetivo es implementar una red de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) en el almacén de la empresa en estudio, por lo que sería ideal que la implementación del sistema abarque las conexiones WiFi como medio para la conexión de los lectores con el Centro de Control de la Red de modo que cualquier usuario de la red, pueda acceder haciendo uso de cualquiera de los estándares actualmente definidos.

Se pretende implantar un sistema que ofrezca un servicio de alta calidad a los operarios, de modo que se posibilite el acceso a la información grabada en las etiquetas RFID a través de un portal personalizado, permitiendo las conexiones con la red. La red diseñada se presenta como una alternativa inalámbrica para satisfacer no sólo las necesidades actuales de la empresa, sino también las necesidades futuras de la misma por medio de la Radiolocalización. La infraestructura a desplegar permitirá futuras ampliaciones, de modo que se pueda seguir ampliando el área de cobertura sin necesidad de tener que cambiar la infraestructura inicial de la red.

Es fundamental para la implementación de un sistema RFID la selección correcta de los tags, dado que este elemento es la base para la elección de los demás dispositivos del sistema ya que dependiendo del tipo de tag y de la posición de éste, en el contenedor o carga suelta, será necesario contar con componentes que permitan su lectura y sean capaces de trabajar eficientemente con las características que den de manifiesto estos factores. Según lo descrito el diseño del sistema RFID comienza con la elección de los tags, posición de estas en los productos, los equipos de lectura y la manera de grabar la información en ellas. A continuación se detallan los sistemas RFID propuestos:

a) Sistema RFID pasivo

En cuanto a la elección de la etiqueta pasiva (Tag pasivo), se ha tenido en cuenta el hecho de que el sistema registrara las entradas y salidas de carga del almacén, registrando inmediatamente la información en el sistema.

El Tag pasivo SAAT-T821I es un dispositivo pequeño, similar a una pegatina, que puede ser adherida o incorporada al bulto. Contienen antenas para permitirle recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID para obtener información de ellos como su ubicación y movimientos en tiempo real (ver Anexo 3).

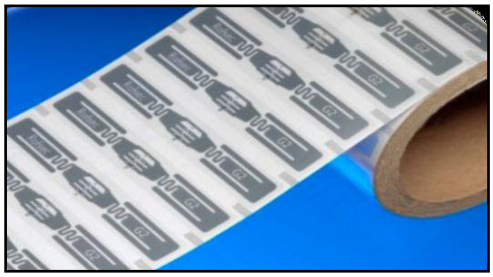


Figura 22. **Tag pasivo SAAT-T821I.** *Fuente.* Proveedor.

El modelo propuesto permite asegurar su ubicación sobre RFID-UHF en la parte externa y media a los bultos de manera manual ya que estos son autoadhesivos y de fácil adherencia.

Figura 23. **Ubicación del Tag RFID pasivo.** *Fuente.* Elaboración propia.

El sistema propuesto intenta solucionar los problemas que se presentan al realizar un control de inventarios, por lo que resulta necesario conocer la ubicación precisa de la carga en el interior del almacén de carga suelta (ver Anexo 4). Para tal fin, se enumera cada anaquel (01, 02, etc.) con 4 niveles cada uno (niveles del A al D) de la misma manera se dividen en columnas (1, 2, etc.), según esta división se identifican 460 ubicaciones, que se encontraran debidamente señalizadas para la ubicación rápida y sencilla de una carga. Si se necesita encontrar la ubicación 10-B(2), primero se ubica el anaquel 10, el nivel B y la columna 2 (ver Figura 24).

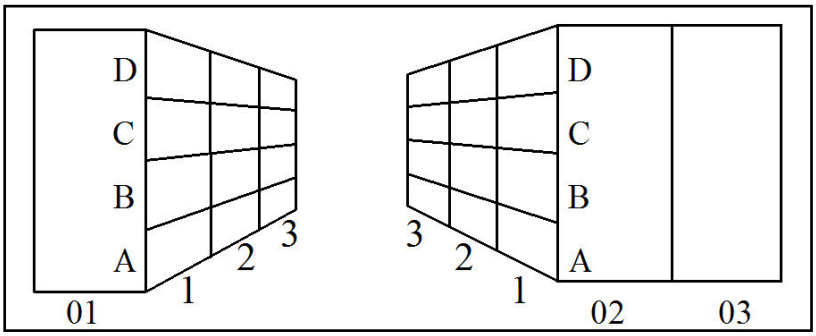


Figura 24. **Numeración de estantes de carga suelta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para registrar las ubicaciones en cada uno de los anaqueles se utilizara un Tag pasivo ZTHM-150X25.X1-A (ver Anexo 3), es un dispositivo también conocido como ojo de gato, este es el que contiene al CHIP UHF y lo protege de las condiciones externas para evitar que se dañe y asimismo facilita la adherencia a los anaqueles y proporciona información de la ubicación exacta del bulto (ver Figura 25).

Figura 25. **Identificación de posiciones en los anaqueles.**
Fuente.Elaboración propia.

b) Sistema RFID activo

Los componentes del sistema RFID en este almacén no solo aportaran con la identificación y control de los contenedores, también son parte del sistema de radiolocalización, que consiste en el despliegue de una red

WiFi 2.4 GHz de modo que se pueda dar un servicio de localización por radiofrecuencia dentro del almacén. Para la elección del lector RFID y el tag activo más eficiente para garantizar la calidad del servicio de radiolocalización, se toma en consideración la cobertura del lector o rango de lectura y el tipo de superficie sobre el que se ubicará el tag activo que identificara al contenedor.

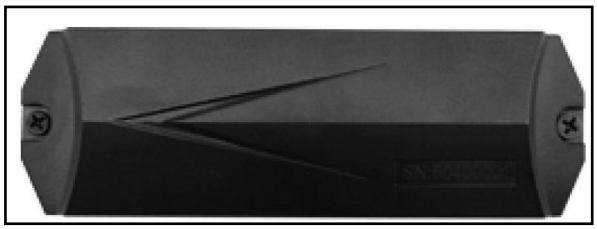


Figura 26. **Tag activo.** *Fuente.* Proveedor.

Para la identificación de un contenedor se ha visto conveniente asignar 2 Tags activos SAAT-T504 de la marca AEROSPACE INNOTECH (ver Anexo 3), debido al gran tamaño y las superficies metálicas del que están compuestos. Se ubicará un tag en el fondo y otro en el frente del contenedor (ver Figura 27), para que uno de ellos sea visible desde el pasillo de separación entre bahías y sea posible su lectura por el Handheld Reader activo SAAT-H522 y por los lectores fijos SAAT-F526B.

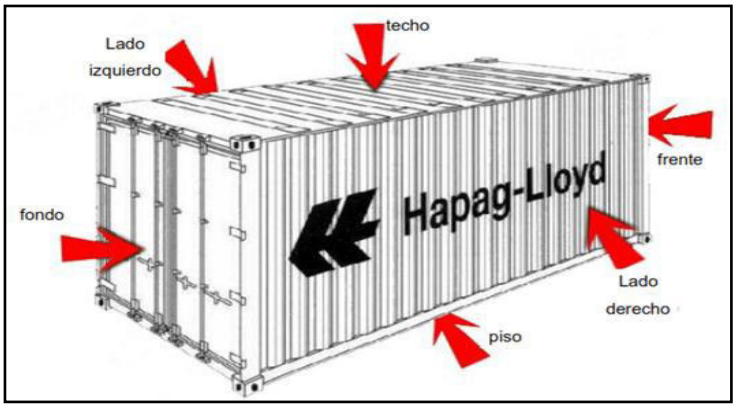


Figura 27. **Descripción física de un contenedor.** *Fuente.* Elaboración propia.

Como se busca dar una cobertura total del área de contenedores, los lectores SAAT-F526B irán montados sobre unos mástiles que darán una posición adecuada para la lectura de los tag activos, que mediante las antenas, transmitirán la información al centro de control.

Los Lectores RFID se conectaran con el Centro de Control o Monitoreo por medio de enlaces Wireless en la frecuencia 5.8 GHz. Desde el Centro de Control, el enlace será punto-multipunto por medio de antenas sectoriales POWERBRIDGE M5 (ver Anexo 3), que se serán ubicadas de acuerdo a un estudio de cobertura de manera que todos los lectores tengan conexión con el centro de control.

Existen una gran cantidad de alternativas a la hora de elegir el equipamiento para la implementación de una red inalámbrica WiFi; Para el despliegue de nuestra red se utilizarán Microenlaces de última generación, y para ello se han considerado equipos que tienen una alta performance y un coste moderado. La información de la carga, ubicación y el código de identificación del Tag pasivo asignado serán registrados en un sistema de información de acceso web, que podrá ser consultado por el personal a cargo del almacén.

4.2.3 Pruebas de cobertura y propagación

a) Sistema RFID pasivo

Las pruebas se realizaron para comprobar el correcto funcionamiento del equipo RFID, para tal fin se usó un lector móvil android, el tag pasivo SAAT T821I y el tag pasivo ZTHM-150X25.X1-A.

La primera prueba realizada es la de rango de lectura, que consiste en medir la distancia máxima a la que se puede leer una etiqueta RFID. Estas pruebas se realizaron en los ambientes del almacén de carga suelta, a fin de tener los resultados en el mismo lugar en donde se ubicaran los Tag pasivos.

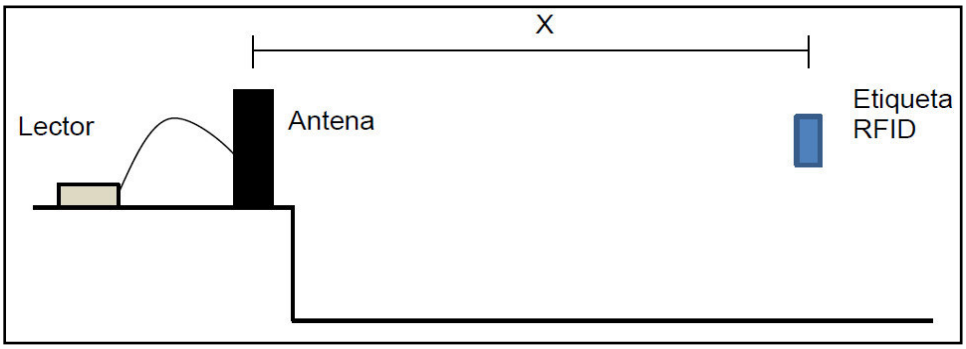


Figura 28. **Esquema de prueba del rango de lectura.** *Fuente.* Elaboración propia.

La prueba demuestra que la distancia máxima de lectura para el sistema de propuesto es de 170cm., lo cual resulta satisfactorio para la lectura de las cargas.

La segunda prueba es la que evalúa la posición de las etiquetas, esta prueba consiste en poner las etiquetas en varias posiciones para determinar las posiciones efectivas de lectura. Con las pruebas se determinó que es posible leer el Tag en varias posiciones, pero existen dificultades de lectura cuando el plano de la etiqueta se orienta perpendicularmente al plano de la antena (ver Figura 29).

Figura 29. **Pruebas para definir la posición de etiquetas.** *Fuente.* Elaboración propia.

Con las pruebas realizadas se puede demostrar que será posible la lectura de los tag pasivos, registrar la carga paletizada y su respectiva ubicación.

b) Sistema RFID activo

Antes de las pruebas del sistema fue necesario realizar simulaciones, para asegurar la cobertura y obtener una estimación de los puntos de acceso que serán necesarios para cubrir de forma eficiente el área total del patio de contenedores.

El estudio previo evalúa la cobertura que proporciona los Lectores RFID en la zona del Almacén. Este estudio pretende identificar e inspeccionar visualmente las instalaciones para buscar los obstáculos potenciales a la señal de radiofrecuencia tales como: muros, arboles, etc. También pretende determinar posibles ubicaciones de

puntos de acceso y los problemas de cobertura e interferencia que se puede presentar, para esto se utilizó el Tag activo SAAT-T504 y el Lector SAAT-F526B.

Figura 30. **Pruebas de cobertura.** *Fuente.* Elaboración propia.

La prueba de cobertura de red se ha realizado con el software Radio Mobile que nos muestra la propagación de la onda en un espacio determinado. Este software es una herramienta desarrollada para la planificación y administración de redes inalámbricas (WLAN) así como para determinar los enlaces entre dos puntos, permite mejorar y solucionar problemas de redes WiFi y enlaces de microondas.

Es muy importante la precisión y la exactitud de las pruebas para determinar la cantidad correcta de puntos de acceso que cubrirán la zona de almacenamiento, un error incrementara los costos de la solución definitiva o no cubrirá la zona de forma adecuada, repercutiendo en el rendimiento de la solución final. Hay que tener en cuenta que las simulaciones realizadas son una estimación, pero cuanto mejor se realicen todas las medidas, más se aproximará la simulación con la realidad.

Para la simulación de los radio enlaces, en primer lugar, se crean las ubicaciones de los puntos con Google Earth y se importan en la herramienta de software Radio Mobile. Para la realización de la simulación Mesh, se ha tenido en cuenta el estándar 802.11b en la banda de 2.4 GHz con una antena omnidireccional, estos aspectos son condicionantes a la hora de elegir el equipamiento necesario para el proyecto, con esta prueba se dará una estimación del nivel de señal y los puntos de acceso a instalar con dichas características. Los parámetros introducidos en el software para la simulación de cobertura de los lectores son:

- Frecuencia de trabajo: 2,400 – 2,483.5 MHz (datos del lector)
- Potencia de transmisión: 16 dBm
- Umbral del receptor: -95 dBm
- Pérdida de la línea: 1 dB
- Tipo de antena: Omnidireccional
- Altura de la antena: 6 metros respecto el nivel del suelo
- Tipo de clima: Continental templado

Al realizar las simulaciones en los ambientes de los almacenes podemos observar la cobertura de la señal en la zona del patio de contenedores, así como la ubicación de los mástiles (6 metros de altura) donde se montaran las antenas y lectores.

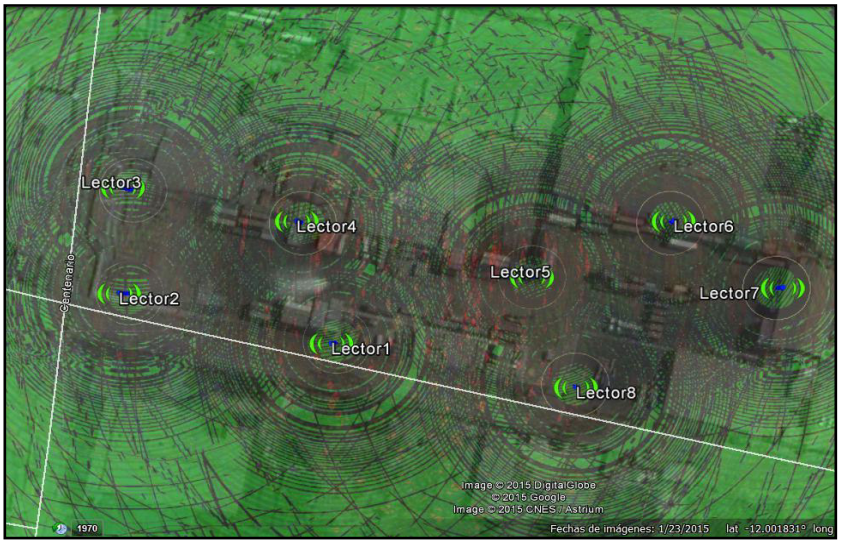


Figura 31. **Propagación de señal de los lectores RFID.** *Fuente.* Elaboración propia.

De todas las ubicaciones recogidas en el replanteo, se han seleccionado aquellas que eran más adecuadas para la realización de las coberturas necesarias.

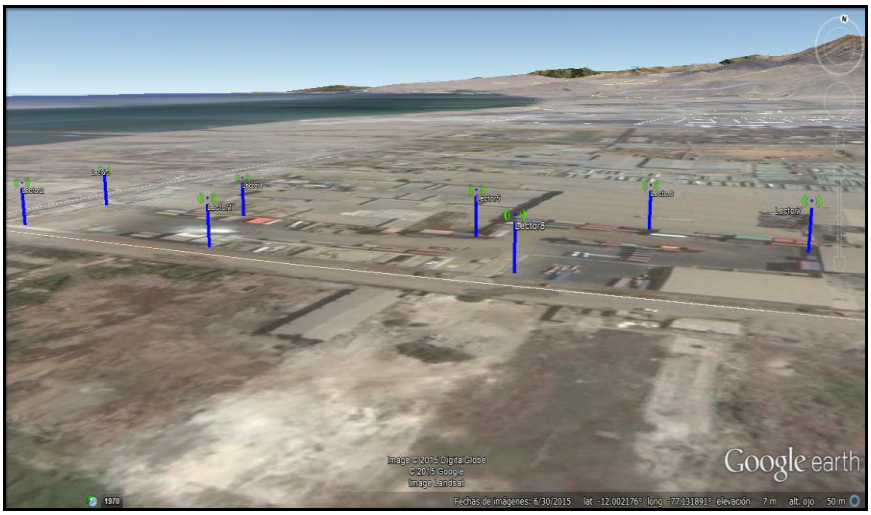


Figura 32. **Ubicación geográfica de los lectores RFID.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para que las etiquetas RFID activas puedan ser ubicadas sin problema en toda el área del Almacén deben ser cubiertas por uno o más lectores, se ha elegido puntos

estratégicos de modo que el enlace RFID y los lectores tenga visibilidad directa entre ellas. La ubicación geográfica de los lectores se detalla en el Cuadro 13.

Cuadro 13. **Ubicación geográfica de los lectores.**

Unit ID	Unit name	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitud (msnm)	Altura Lector (m)
1	Lector1	-12.00212	-77.13262	6	12
2	Lector2	-12.00192	-77.13348	6	12
3	Lector3	-12.00148	-77.13346	7	12
4	Lector4	-12.00162	-77.13277	6	12
5	Lector5	-12.00185	-77.13183	6	12
6	Lector6	-12.00162	-77.13126	6	12
7	Lector7	-12.00189	-77.13083	6	12
8	Lector8	-12.00232	-77.13169	6	12

Fuente. Elaboración propia.

4.2.4 Plataforma de información de acceso web

De acuerdo a los requerimientos mencionados anteriormente, el sistema RFID debe proveer entre sus alcances la posibilidad de que cualquier usuario pueda usarlo.

Por otro lado, debe brindar la posibilidad de que los datos almacenados en él sean accedidos por el usuario regulador, de manera que este pueda añadir y modificar información relevante en cuanto a registro de datos aduaneros de cada contenedor y carga suelta almacenada.

Para desarrollar un sistema de información de este tipo es necesario tomar en consideración los siguientes aspectos:

a) Componentes del sistema desarrollado

- **Servidor HTTP Apache**: Es un poderoso servidor web, cuyo nombre proviene de la frase inglesa “a patchy server” y es completamente libre, ya que es un software Open Source y con licencia GPL. Una de las ventajas más grandes de Apache, es que es un servidor web multiplataforma, es decir, puede trabajar con diferentes sistemas operativos y mantener su excelente rendimiento. Apache es utilizado principalmente, para realizar servicio a páginas web, ya sean estáticas o dinámicas.

- **MySQL:** Es un sistema de administración de bases de datos (Database Management System, DBMS) para bases de datos relacionales. MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos. El servidor MySQL fue desarrollado originalmente para manejar grandes bases de datos mucho más rápido que las soluciones existentes y ha estado siendo usado exitosamente en ambientes de producción sumamente exigentes por varios años. Aunque se encuentra en desarrollo constante, el servidor MySQL ofrece hoy un conjunto rico y útil de funciones. Su conectividad, velocidad, y seguridad hacen de MySQL un servidor bastante apropiado para accesar a bases de datos en Internet.

- **CodeIgniter:** Es un framework PHP para la creación rápida de aplicaciones web. CodeIgniter es un programa o aplicación web desarrollada en PHP para la creación de cualquier tipo de aplicación web bajo PHP. Es un producto de código libre, libre de uso para

cualquier aplicación. Como cualquier otro framework, Codeigniter contiene una serie de librerías que sirven para el desarrollo de aplicaciones web y además propone una manera de desarrollarlas que debemos seguir para obtener provecho de la aplicación.

b) Modelo de la base de datos

Con el desarrollo de la plataforma se puede generar reportes con atributos adicionales a los que ya están establecidos por la empresa. Los recuadros que se muestran a continuación representan dichos atributos para el reporte del movimiento de contenedores (ver Figura 33).

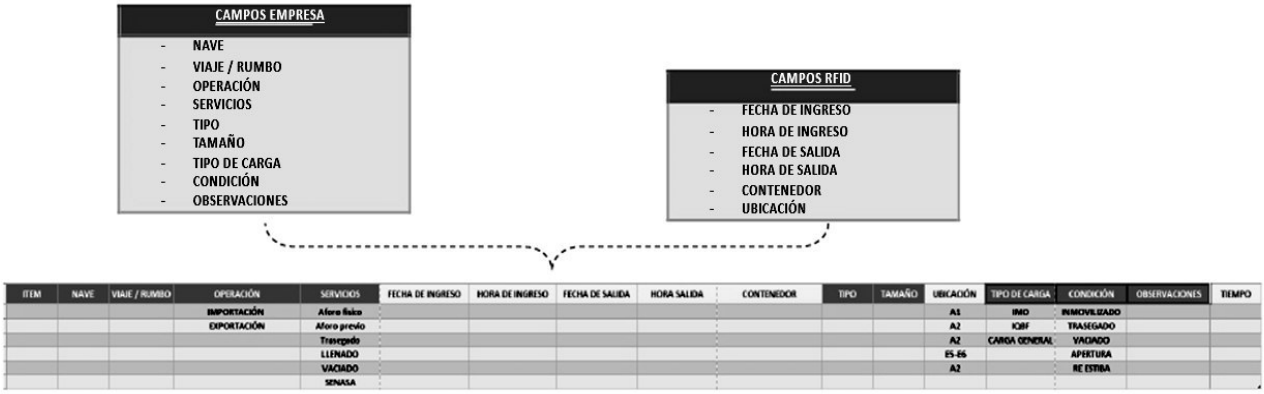


Figura 33. **Campos para el movimiento de contenedores.** *Fuente.* Elaboración propia.

De la misma manera, los recuadros que se muestran a continuación representan los atributos para el reporte del movimiento de carga suelta (ver Figura 34).

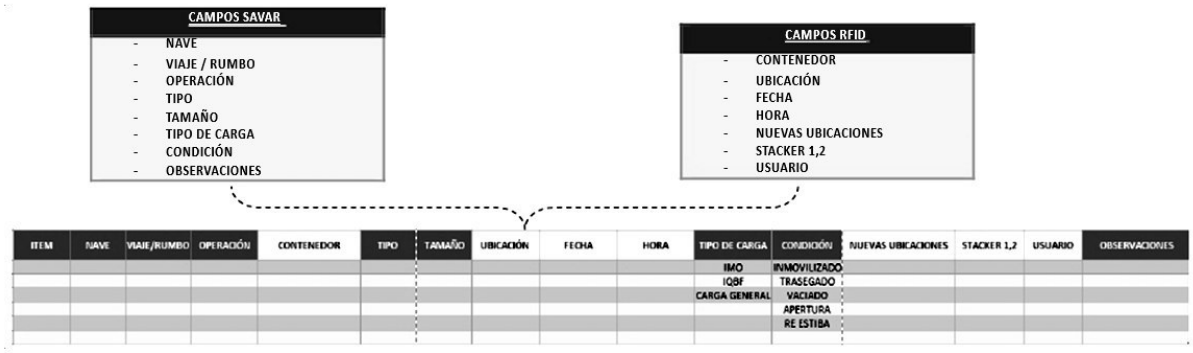


Figura 34. **Campos para el movimiento de carga suelta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Por lo expuesto, el modelo de la base de datos determina una estructura lógica la cual esta implementado con la base de datos de la empresa (ver Figura 35).

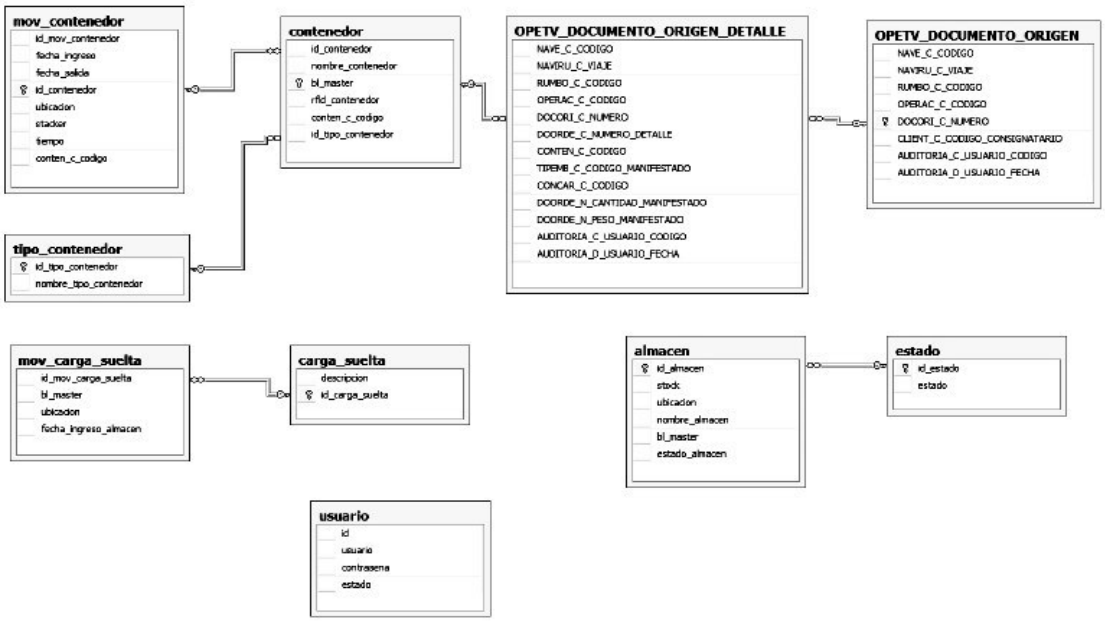


Figura 35. **Modelo de la base de datos.** *Fuente.* Elaboración propia.

c) Diseño de la plataforma

Acorde a las necesidades de cada tipo de usuario, las funcionalidades de cada interfaz se definen como:

- **Acceso al sistema:** abrir un explorador de Internet (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, etc.) y esta cargara en el navegador la pantalla de inicio de la aplicación donde se debe validar los datos de usuario y contraseña, tener en cuenta que la validación es sensible a mayúsculas y minúsculas, por lo que tanto el usuario como la contraseña deben de escribirse de manera correcta y respetando dicha restricción.

Figura 36. **Ingreso de usuarios.** *Fuente.* Elaboración propia.

- **Menú principal:** Se accede a un menú interactivo, mediante el cual se puede acceder a cada una de las funciones del sistema de información.

Figura 37. **Menú principal.** *Fuente.* Elaboración propia.

- **Registro de contenedor:** Después de validar correctamente se accede a la pantalla principal de la aplicación, consiste en un menú con las diferentes opciones disponibles, para acceder a la funcionalidad deseada se puede seleccionar mediante el puntero o el ratón. Para registrar el ingreso de un contenedor, se debe pulsar sobre esta opción en el menú principal.

Figura 38. **Registro de contenedor.** *Fuente.* Elaboración propia.

Aparecerá una pantalla para el registro de datos del contenedor que ingresa al almacén, especificando información sobre el propietario, fecha de ingreso, fecha de salida y código de los tags asignados.

- **Registro de carga suelta:** Para registrar el ingreso de carga suelta, se debe pulsar sobre esta opción en el menú principal.

Figura 39. **Registro de carga suelta.** *Fuente.* Elaboración propia.

Aparecerá una pantalla para el registro de datos de la carga, especificando información sobre el propietario, fecha de ingreso, fecha de salida y código del tag asignado.

- **Búsqueda de contenedor y carga suelta:** Para realizar una búsqueda, se debe pulsar la opción en el menú principal. La búsqueda de contenedor o carga suelta se realizara mediante el número de manifiesto de carga.

Figura 40. **Búsqueda de contenedor.** *Fuente.* Elaboración propia.

- **Reporte de inventario:** Para visualizar el listado de productos, se debe pulsar sobre esta opción en el

menú principal, esta pantalla tiene además unas funcionalidades añadidas como:

- Paginación del listado en grupos de 10 ítems.
- Exportar reporte de inventarios a Excel.
- Ver datos de cada ítem.
- Ingresar observaciones.

Figura 41. **Reporte de inventario.** *Fuente.* Elaboración propia.

Al cargar el listado aparecen los primeros diez ítems ordenados por código. En la parte inferior del listado se muestra en todo momento en que página se encuentra y los links a las paginas siguiente, anterior y última (en caso de que las haya).

Pulsando sobre el link de “siguiente” se mostrará los siguientes diez productos del listado, y pulsando sobre el link “anterior” se mostrará los diez productos previos. En la parte superior derecha de la pantalla se ve un campo para exportar la lista a Excel.

- **Registro de antenas:** Para registrar una antena, se debe pulsar sobre esta opción en el menú principal, aparecerá una pantalla para registrar el numero IP,

especificar la ubicación y el tipo de lectura que realizara.

Figura 42. **Registro de antenas.** *Fuente.* Elaboración propia.

- **Registro de Tag:** Para registrar un Tag, se debe pulsar sobre esta opción en el menú principal, aparecerá una pantalla para registrar el código, especificar el tipo de Tag y la fecha del registro.

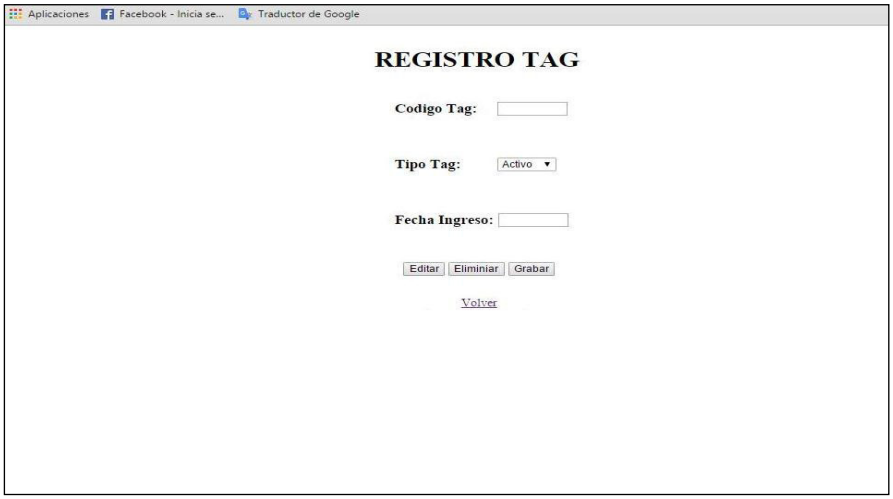


Figura 43. **Registro de Tag.** *Fuente.* Elaboración propia.

4.2.5 Pruebas del sistema RFID implementado

En esta parte se muestra la ejecución de las pruebas de localización y los resultados de las mismas en la plataforma de acceso web.

a) Sistema RFID activo

El alcance de las pruebas de localización es determinar la ubicación de los contenedores identificados con los tags activos, mediante la lectura de las antenas, de acuerdo a sus correspondientes ubicaciones asignadas por la empresa.

En la Figura 44, se muestra la ubicación de las antenas, router principal y los access point de la red del sistema, para los cual se han asignado posiciones del 1 al 10.

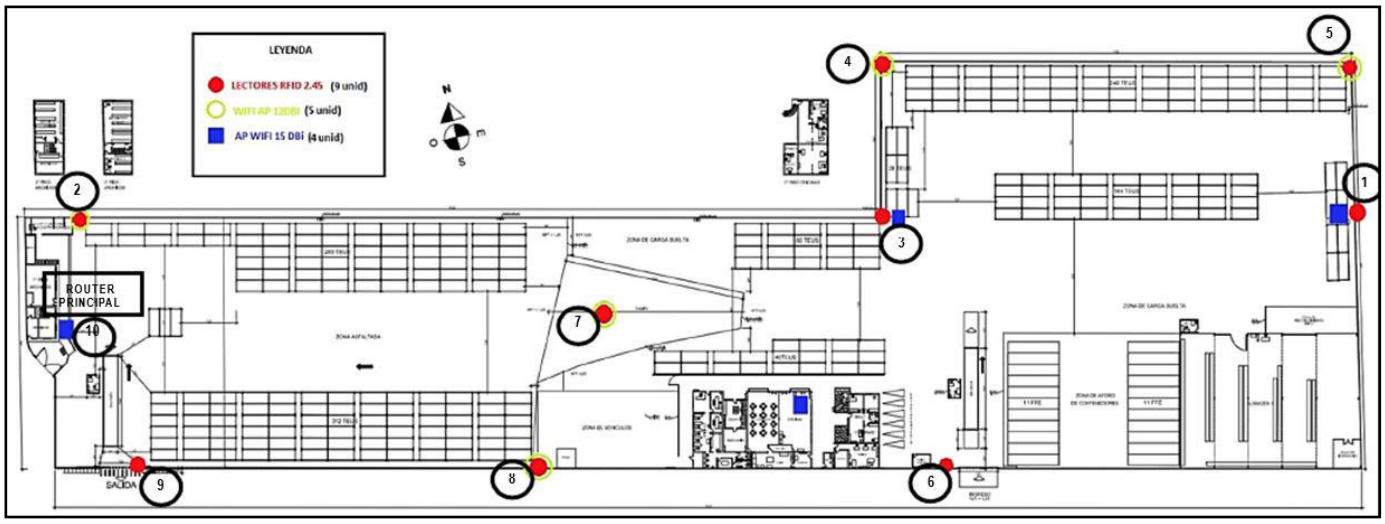


Figura 44. **Ubicación de antenas y access point.** *Fuente.* Elaboración propia.

En la siguiente Cuadro, se indican los códigos que la plataforma del sistema piloto utiliza para identificar a las

antenas, el correspondiente Access point, las direcciones IP, el modelo y marca de los dispositivos.

Cuadro 14. **Identificación de antenas y Access point**

UBICACIÓN	ACCESS POINT	IP	MODELO	MARCA	ANTENNA SAAT	MODELO	MARCA
ROUTER PRINCIPAL	EC-08-6B-BC-9B-86	192.168.0.50	TL_WA7210N	TP-LINK			
1	C0-4A-00-B7-36-F8	192.168.0.51	TL_WA7210N	TP-LINK	1. MAC: 00-1D-78-0A-02-53 IP: 192.168.0.103 2. MAC: 00-1D-78-0A-02-56 IP: 192.168.0.106	SAAT-F526 SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH AEROSPACE INNOTECH
2	C4-E9-84-E3-1F-26	192.168.0.52	TL_WA7210N	TP-LINK	NO TIENE		
3	E8-94-F6-75-35-B8	192.168.0.53	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 00-3c-5d-48-07-21 IP:192.168.0.111	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
4	E8-94-F6-75-35-1A	192.168.0.54	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 00-1D-78-0A-02-54 IP:192.168.0.104	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
5	E8-94-F6-75-34-0A	192.168.0.55	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 00-1D-78-0A-02-57 IP: 192.168.0.107	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
6	98-DE-D0-2E-C7-DE	192.168.0.56	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 98-DE-D0-2E-C7-DE IP:192.168.0.112	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
7	98-DE-D0-2E-C7-D0	192.168.0.57	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 98-DE-D0-2E-C7-D0 IP: 192.168.0.113	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
8	C4-E9-84-E3-2B-3E	192.168.0.60	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 00-3c-5d-48-07-27 IP:192.168.0.102	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
9	EC-08-6B-AB-B3-D4	192.168.0.58	TL_WA7210N	TP-LINK	MAC: 00-3c-5d-48-07-28 IP 192.168.0.101	SAAT-F526	AEROSPACE INNOTECH
10	98-DE-D0—E3-D3-C0	192.168.0.48	TL_WA7210N	TP-LINK	-------	-------	-------

Fuente. Elaboración propia.

Para determinar la ubicación de cada contenedor, primero ha sido necesario zonificar las bahías de contenedores en el almacén mediante coordenadas GPS. El equipo utilizado para este propósito fue el lector portátil CHAINWAY C5000, el que ha sido adaptado a las necesidades del sistema de localización y control de inventarios.

Para establecer la ubicación de una bahía de contenedores, se detectaron las coordenadas de los cuatro puntos que determinan el área de dicha bahía y de la misma manera para todas las bahías del patio de contenedores. En la Figura 45, se puede apreciar la pantalla del lector portátil CHAINWAY C5000 mientras se realiza la ubicación de los puntos de una bahía.

Figura 45. **Lector portátil CHAINWAY C5000.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para realizar las pruebas de lectura se seleccionó una muestra de contenedores, a los cuales se adhirió un Tag activo por cada contenedor, tal como se muestra en la Figura 46.

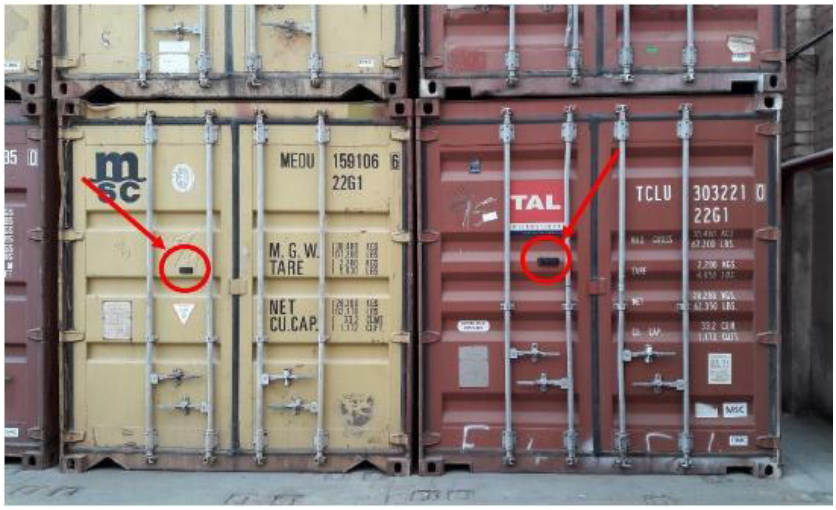


Figura 46. **Contenedores seleccionados para la prueba.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para identificar cada contenedor se asoció el código RFID del Tag activo a la información correspondiente, y se almacenó en la base de datos de la empresa. Para hacer

una identificación del Tag activo, se ingresó a la plataforma mediante el lector móvil, luego se acercó el lector móvil al contenedor para enlazar el código RFID del Tag activo y el código de identificación del contenedor asignado por la empresa (ver Figura 47). Paralelamente, se ingresó a la plataforma a través de una computadora y se verificó que las antenas detectaran los Tag activos que se encontraban en su radio de lectura.

Figura 47. **Prueba de identificación del Tag activo.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para comprobar que los contendores de la prueba eran localizados correctamente, se generan los reportes que emite la plataforma de información y se comprobó que la información de los reportes estaba de acuerdo a su ubicación física, se comparó los datos obtenidos en la plataforma de información con los datos del registro manual

elaborado por los operadores del patio de contenedores (ver Figura 48 y 49).

Movimiento de Contenedor

Buscar:

B/L MASTER	B/L HOUSE	FECHA INGRESO	TERMINO DESCARGA	ABANDONO LEGAL	CONSIGNATORIO	DESCRIPCION DE LA MERCADERIA	N° CONTENEDOR	UBICACION	FECHA SALIDA	TAMAÑO	TIPO	PESO	TIPO/CARGA	CONDICIÓN	AUTORIZACIÓN DE RETIRO	USUARIO	OBSERVACIONES
SCUYJ645277	MSCUYJ645277	2016-11-23	2015-02-23 00:00:00.000	2015-03-13 00:00:00.000	20509142590	Carga Fragil	TCNU8915452	BAHIA A - DERECHA- PISO 3	2016-11-24	20 pies	Open Conair	10472	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
TMTM344807	TMTM344807	2016-11-23	2016-09-14 00:00:00.000	2016-12-01 00:00:00.000	20510049226	Carga Normal	TEMU6953495	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-24	49 pies	Open Top	2410	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
TMTM344807	TMTM344807	2016-11-23	2016-09-14 00:00:00.000	2016-12-01 00:00:00.000	20510049226	Carga Normal	TEMU6953495	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-24	49 pies	Open Top	2410	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
TMTM344807	TMTM344807	2016-11-23	2016-06-19 00:00:00.000	2016-07-01 00:00:00.000	20510049226	Carga Normal	DFSU6671904	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-24	87 pies	Open Top	5680	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
TMTM344807	TMTM344807	2016-11-23	2016-06-19 00:00:00.000	2016-07-01 00:00:00.000	20510049226	Carga Normal	DFSU6671904	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-24	87 pies	Open Top	5680	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
OFUS15002	OFUS15002	2016-11-23	2016-01-05 00:00:00.000	2016-02-13 00:00:00.000	6545002	Carga Fragil	APZU3985764	BAHIA A - DERECHA- PISO 4	2016-11-24	31 pies	Open Top	3160	Carga Suelta	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
751500041350	751500041350	2016-11-22	2015-07-17 00:00:00.000	2016-07-28 00:00:00.000	20536057961	Carga Normal	EISU3929139	BAHIA A - IQUIERDA - PISO 3	2016-11-22	90 pies	Open Conair	10490	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
37902640175	37902640175	2016-11-22	2016-06-23 00:00:00.000	2016-07-01 00:00:00.000	20509134678	Carga Normal	AQUP3591373	BAHIA A - IZQUIERDA - PISO 1	2016-11-22	73 pies	Open Top	24567	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
63120738691	63120738691	2016-11-22	2016-05-08 00:00:00.000	2016-05-11 00:00:00.000	80509134678	Carga Normal	DEWP891278	BAHIA A - IQUIERDA - PISO 2	2016-11-22	69 pies	Open Top	28967	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion
92189328156	92189328156	2016-11-23	2015-05-12 00:00:00.000	2016-06-21 00:00:00.000	10509134678	Carga Normal	GRTP3890127	BAHIA A - DERECHA- PISO 1	2016-11-23	89 pies	Open Top	37467	Carga Contenedor	INMOVILIZADO	SI	radical	Observacion

Anterior 1 Siguiente

Figura 48. **Reporte de ubicación de contenedores.** *Fuente.* Emitido por la plataforma de información.

Movimiento de Contenedor y Carga Suelta - Historial Inventario

Mostrar 10 entradas

Buscar:

Item	Nave	Viaje / Rumbo	Operación	Contenedor	Tipo	Tamaño	Ubicación	Fecha	Hora	Tipo de Carga	Condición	Nueva Ubicación	Stacker	Usuario	Observaciones
1	00002	000001 / SB	DF	TCNU8915452	Open Conair	20 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 3	2016-11-23	12:47:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 3	S01	radical	Observaciones 1
2	APSHA	000049 / SB	EF	DFSU6671904	Open Top	49 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-23	13:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 5	S02	radical	Observaciones 1
3	APSHA	000049 / SB	EF	TEMU6953495	Open Top	49 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-23	13:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 5	S02	radical	Observaciones 1
4	APSHA	000049 / SB	EF	DFSU6671904	Open Top	87 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-23	13:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 5	S01	radical	Observaciones 1
5	APSHA	000049 / SB	EF	TEMU6953495	Open Top	87 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 5	2016-11-23	13:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 5	S01	radical	Observaciones 1
6	ANTAR	000002 / SB	DF	APZU3985764	Open Top	31 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 4	2016-11-23	14:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 4	S04	radical	Observaciones 1
7	WH517	00013W / NB	EF	EISU3929139	Open Conair	90 pies	BAHIA A - IQUIERDA - PISO 3	2016-11-22	16:04:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - IZQUIERDA - PISO 3	S11	radical	Observaciones 1
8	WH15	000001 / SB	DF	AQUP3591373	Open Top	73 pies	BAHIA A - IZQUIERDA - PISO 1	2016-11-22	14:20:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - IZQUIERDA - PISO 1	S14	radical	Observaciones 1
9	APHSA	000001 / SB	DF	DEWP891278	Open Top	69 pies	BAHIA A - IQUIERDA - PISO 2	2016-11-22	14:20:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - IZQUIERDA - PISO 2	S08	radical	Observaciones 1
10	APHSA	000001 / SB	DF	GRTP3890127	Open Top	89 pies	BAHIA A - DERECHA- PISO 1	2016-11-23	10:00:00.000	IMO	inmovilizado	BAHIA B - DERECHA- PISO 1	S03	radical	Observaciones 1

Mostrando 1 a 10 de 10 entradas

Anterior 1 Siguiente

Figura 49. **Reporte de inventario de contenedores y carga suelta.** *Fuente.* Emitido por la plataforma de información.

Se ha podido comprobar que el sistema piloto de localización y control de inventarios, en tiempo real, de contenedores y carga suelta, funciona correctamente. Es

decir, que las antenas de 2.4 GHz son capaces de detectar los Tag activos y actualizar esta información en la base de datos de la plataforma de información, mientras que los Tag activos cumplen con la función de identificar de manera única al contenedor al que están adheridos, además de almacenar la información de dicho contenedor.

El sistema actualiza de manera constante la base de datos de la plataforma de información, permitiendo localizar físicamente y de forma rápida a cada contenedor dentro del almacén.

b) Sistema RFID pasivo

La plataforma contiene información de la base datos que está relacionada con el almacén de carga suelta, como el movimiento de la carga suelta, estos movimientos se visualizan en la plataforma en tiempo real y la posición en los anaqueles. La información registrada sobre la posición se mantiene fija a excepción del desplazamiento de los bultos. Así mismo se podrá jalar información de la base de datos para poder consolidar la información y brindar reportes en tiempo real.

Figura 50. **Ubicación de carga suelta y Tag pasivos.** *Fuente.* Elaboración propia.

Para realizar las pruebas, se configuro el lector móvil Android, que utilizara el programa Android Studio para leer el Tag pasivo montado sobre el anaquel guardando información de la ubicación de anaqueles, pisos y subdivisiones.

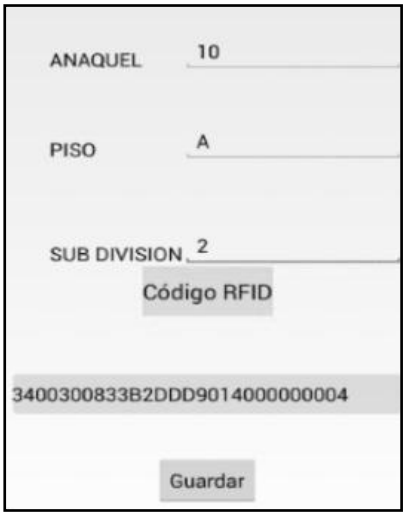


Figura 51. **Datos programados para el anaquel 10-A(2).** *Fuente.* Emitido por la plataforma de información.

Luego se registró la etiqueta y se asoció al código único de la etiqueta RFID pasiva.

Figura 52. **Código RFID asignado al anaquel 10-A(2).** *Fuente.* Emitido por la plataforma de información.

En el reporte de carga suelta, se visualizará la lista de bultos con sus respectivos códigos RFDI y la ubicación

exacta, los que están asociados a la base de datos mediante la plataforma de información.

MOVIMIENTO - Carga Suelta

Buscar:

B/L Master	B/L House	Ubicación	Fecha Ingreso de Almacen	Termino de Descarga	Fecha Salida de Almacen	Abandono Legal	Consignatario	Descripción de la Mercadería	Tipo de Bulto	Cantidad	Peso	M3	Condición	Fecha	Orden de Retiro	Saldo Peso	Saldo Bulto	Saldo M3	Ubicación	Observaciones
01C161000008CAL	01C161000008CAL	10_A(1)	2016-06-12 00:00:00.000	2016-06-12 00:00:00.000	2016-06-13 00:00:00.000	2016-06-13 00:00:00.000	QWRTF3219664	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	13	120	4680	TRASEGADO	2016-09-13 00:00:00.000	ACEPTADO	10.220.00	12.345	12.345	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
01C161000008CAL	01C161000008CAL	10_A(2)	2016-06-02 00:00:00.000	2016-06-02 00:00:00.000	2016-06-13 00:00:00.000	2016-06-13 00:00:00.000	ABCVERT1234345	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	34	200	7890	VACIADO	2016-09-13 00:00:00.000	ACEPTADO	21.567.00	32.512	343.786	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
PSLNGBL16100168	PSLNGBL16100168	10_A(3)	2016-09-20 00:00:00.000	2016-09-20 00:00:00.000	2016-09-23 00:00:00.000	2016-09-23 00:00:00.000	VCERTO1389526	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	56	334	2345	APERTURA	2016-09-23 00:00:00.000	ACEPTADO	14.350.00	45.729	32.940	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
PSLNGBL16100168	PSLNGBL16100168	10_A(4)	2016-04-13 00:00:00.000	2016-04-13 00:00:00.000	2016-04-15 00:00:00.000	2016-04-15 00:00:00.000	WOPER3478932	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	13	124	8906	CARGA RODANTE	2016-09-25 00:00:00.000	ACEPTADO	19.250.00	47.213	56.256	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
PSLNGBL16100168	PSLNGBL16100168	10_B(1)	2016-11-12 00:00:00.000	2016-11-12 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	WEORKQW23457	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	15	457	2456	TRASEGADO	2016-11-18 00:00:00.000	ACEPTADO	30.220.00	38.278	78.32	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
SDBBDS182250	SDBBDS182250	10_B(2)	2016-11-14 00:00:00.000	2016-11-14 00:00:00.000	2016-11-17 00:00:00.000	2016-11-17 00:00:00.000	XBQWPO124986	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	35	321	3678	TRASEGADO	2016-11-19 00:00:00.000	ACEPTADO	30.67.00	239.457	897.542	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
SDBBDS182250	SDBBDS182250	10_B(3)	2016-11-09 00:00:00.000	2016-11-09 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	WEDSRT389650	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	16	123	8906	CARGA GENERAL	2016-11-14 00:00:00.000	ACEPTADO	70.900.00	215.932	78.5	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
SCL03849	SCL03849	10_B(4)	2016-11-07 00:00:00.000	2016-11-07 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	2016-11-13 00:00:00.000	ABTIOWQ12398	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	20	234	3467	CARGA RODANTE	2016-11-16 00:00:00.000	ACEPTADO	40.250.00	67.316	297.45	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1
SC1030095	SC1030095	10_C(1)	2016-11-20 00:00:00.000	2016-11-20 00:00:00.000	2016-11-23 00:00:00.000	2016-11-23 00:00:00.000	NDQGP5078921	ROPA MIXTA	CARGA SUELTA	32	256	2345	TRASEGADO	2016-11-24 00:00:00.000	ACEPTADO	60.300.00	89.432	688.21	Modulo K-108 / Precinto: 008655	OBSERVACION 1

Figura 53. **Reporte de ubicación de carga suelta.** *Fuente.* Emitido por la plataforma de información.

Cuando se realiza la lectura de las etiquetas RFID UHF se pueden identificar la ubicación y movimiento de bultos en tiempo real. Así mismo con los sensores Tag se puede identificar su ubicación en cada anaquel.

4.2.6 Costos de la implementación

Se elaboró un presupuesto en base a los precios obtenidos de las cotizaciones de componentes del sistema, además se consideró los costos de diseño, desarrollo e implementación del sistema.

Para la cotización de los equipos se consideró la propuesta más económica de un solo fabricante para evitar incompatibilidades entre los equipos. El precio de los equipos

para el almacén de carga suelta y el almacén de contenedores se muestran en los Cuadros 15 y 16, respectivamente.

Cuadro 15. **Costo de equipos del sistema RFID pasivo.**

Descripción	Modelo	Cant.	Precio Unitario ($)	Precio Total ($)
Lector Movil Android	C7	1	360	360
UHF Passive RFID (915-928Mhz)	ZTMH-150X25.X1-A	460	1.5	690
UHF Passive RFID (840-960Mhz)	SAAT-T821I	460	0.8	368
			Total ($)	1418

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 16. **Costo de equipos del sistema RFID activo.**

Descripción	Modelo	Cant.	Precio Unitario ($)	Precio Total ($)
Active fixed reader (2.4-2.48GHz)	SAAT-F526B	8	240	1920
Active tag (2.4-2.48GHz)	SAAT-T504	400	6	2400
25dBi MIMO antenna array	POWERBRIDGE M5	8	110	1250
Handheld Reader (2.4-2.48GHz)	SAAT-H522	1	950	950
			Total ($)	6520

Fuente. Elaboración propia.

Se debe considerar el costo de $2200 por instalación y pruebas del sistema RFID, la cual engloba la asesoría y equipos de análisis, así como del personal experto que lo realizó.

Para el desarrollo de la plataforma de información de acceso web se considera que su desarrollo e implementación asciende a $6400, este monto incluye la compra de un nuevo equipo de cómputo que se enlace con el servidor para procesar la información y la capacitación del personal que usara el sistema.

Como costos adicionales se deberá tener en consideración $820, para la fabricación e instalación de mástiles y soportes para los 8 lectores y antenas distribuidos en el patio de contenedores, así como la fabricación la estructura y montaje de las etiquetas pasivas en el almacén de carga suelta.

Se puede ver en el Cuadro 17, un resumen de todos los costos involucrados en la implementación del sistema de tecnología RFID en un almacén de aduanas, siendo $17358 el costo total de la implementación.

Cuadro 17. **Costo total de la implementación.**

Descripción	Costo Total ($)
Costo del sistema RFID	10138
Costo del sistema de información	6400
Costos de adicionales	820
Total ($)	17358

Fuente. Elaboración propia.

4.3 Prueba de hipótesis

Concluida la implementación del sistema RFID para la localización y control de inventarios, se realizó una prueba piloto realizando 25 observaciones para evaluar el impacto del sistema en la localización y traslado de contenedores y carga suelta.

Como resultado de la implementación, el tiempo promedio para la localización y traslado de contenedores fue de 12.7 minutos con una desviación estándar de 4.7, mientras que el tiempo promedio para la localización y traslado de carga suelta fue de 8.4 minutos con una desviación estándar de 1.9.

Durante el periodo de prueba de la implementación, el beneficio más relevante se basa en la reducción del tiempo, que podría ser transformado en dinero si se determina el ahorro de los costos de operación de la maquinaria involucrada en la localización de contenedores y carga suelta, según el Cuadro 18 el ahorro promedio mensual por operación del stacker para la localización de contenedores sería de $1357.

Cuadro 18. **Ahorro por localización y traslado de contenedores.**

Factores	Cant.	Unidad
Cantidad promedio de búsquedas al día (CO)	45	contenedor/día
Tiempo de localización y traslado **sin sistema RFID** (CD)	23.6	min/contenedor
Tiempo de localización y traslado **con sistema RFID** (TE)	12.7	min/contenedor
Costo mano de obra (CMO)	1.8	$/hr
Movimientos del stacker **sin sistema RFID** (MSS)	140	movimientos/día
Movimientos del stacker **con sistema RFID** (MSC)	112	movimientos/día
Costo de combustible por movimiento del stacker (CS)	1.09	$/movimiento
Ahorro = CO.CMO.(CD-TE) + CS.(MSS-MSC) =	1357	$/mes

Fuente. Elaboración propia.

De manera similar el Cuadro 19, muestra que el ahorro promedio mensual por operación del cargador frontal para la localización y traslado de carga suelta sería de $435.

Cuadro 19. **Ahorro por localización y traslado de carga suelta.**

Factores	Cant.	Unidad
Cantidad promedio de búsquedas al día (CO)	23	palet/día
Tiempo de localización y traslado **sin sistema** RFID (CD)	9.2	min/palet
Tiempo de localización y traslado **con sistema** RFID (TE)	8.4	min/palet
Costo mano de obra (CMO)	1.55	$/hr
Costo de combustible por hora (CS)	0.6	$/hr
Ahorro = CO.(CMO + CS).(CD-TE) =	435	$/mes

Fuente. Elaboración propia.

Hipótesis

H1: El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permitirá reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta.

Como se ha descrito, el sistema RFID propuesto logró reducir el tiempo de localización, con una reducción del 10.9 minutos en el tiempo de atención de despacho de contenedores y para el caso de carga suelta la reducción fue del 0.8 minutos. En la Figura 54, se puede apreciar la amplia diferencia entre ambos resultados, esto debido a que existían más dificultades en la localización y control de contenedores.

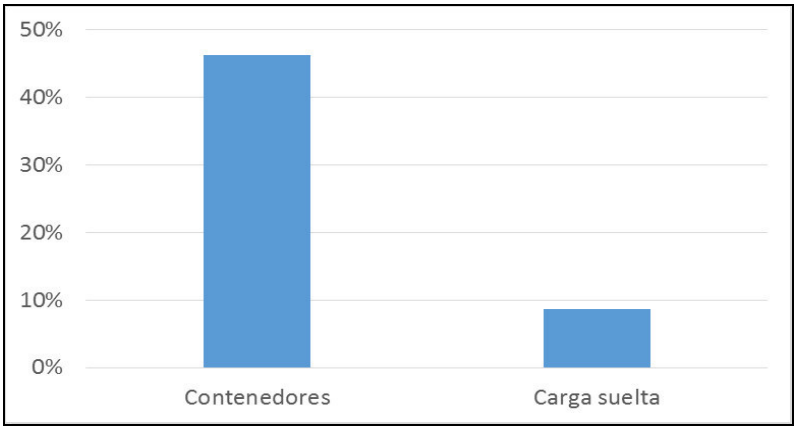


Figura 54. **Reducción del tiempo de localización y traslado.** Elaboración propia.

a) Para contenedores:

H_0: El tiempo promedio de localización y traslado de contenedores es igual a 23.6 minutos.

H1: El tiempo promedio de localización y traslado de contenedores es menos de 23.6 minutos.

Al ser una prueba de cola hacia la izquierda el valor típico es:

t (0.05, 24) = - 1.7109

Mientras que el valor calculado es: t = -11.6

Como el valor calculado -11.6 es mayor que el valor típico -1.7109, entonces se rechaza la hipótesis Ho.

b) Para carga suelta:

H_o: El tiempo promedio de localización y traslado de carga suelta es igual a 9.3 minutos.

H1: El tiempo promedio de localización y traslado de carga suelta es menos de 9.3 minutos.

Al ser una prueba de cola hacia la izquierda el valor típico es:

t (0.05, 24) = - 1.7109

Mientras que el valor calculado es: t = -2.4

Como el valor calculado -2.4 es mayor que el valor típico -1.7109, entonces se rechaza la hipótesis Ho.

Con la reducción del tiempo de localización se obtuvo un nivel de cumplimiento de despachos del 98.7% para el mes en estudio. En la Figura 55, se puede apreciar el aumento de este indicador en 2.3% respecto al obtenido en el año anterior. Por lo expuesto podemos afirmar que el sistema implementado permite reducir el tiempo de despacho de contenedores y carga suelta.

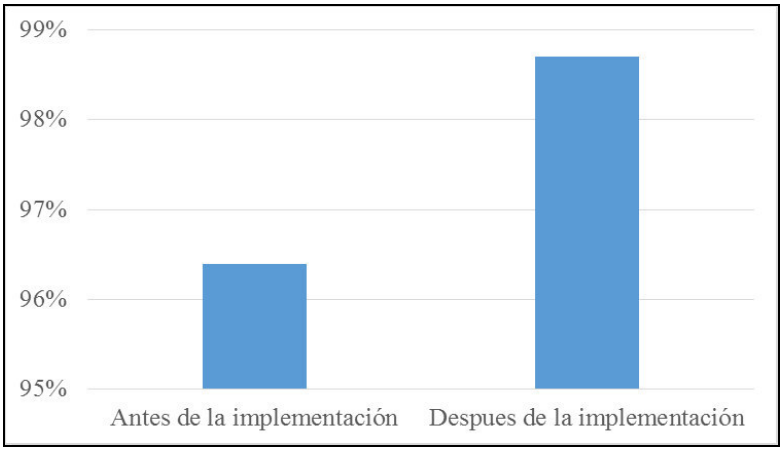


Figura 55. **Nivel de cumplimiento de despachos.** Elaboración propia.

H2: El diseño e implementación de un sistema de localización y control de inventarios, que utiliza tecnología RFID, permitirá reducir el costo de operación.

La propuesta implementada permitió optimizar los procesos, logrando reducir los costos de operación de la empresa en estudio, por lo que el valor del indicador que determina el costo por unidad despachada para el mes de prueba fue de 84.5. De la Figura 56, se puede concluir que el indicador se redujo en 4.2% respecto al obtenido el año anterior, haciendo posible aceptar la hipótesis propuesta.

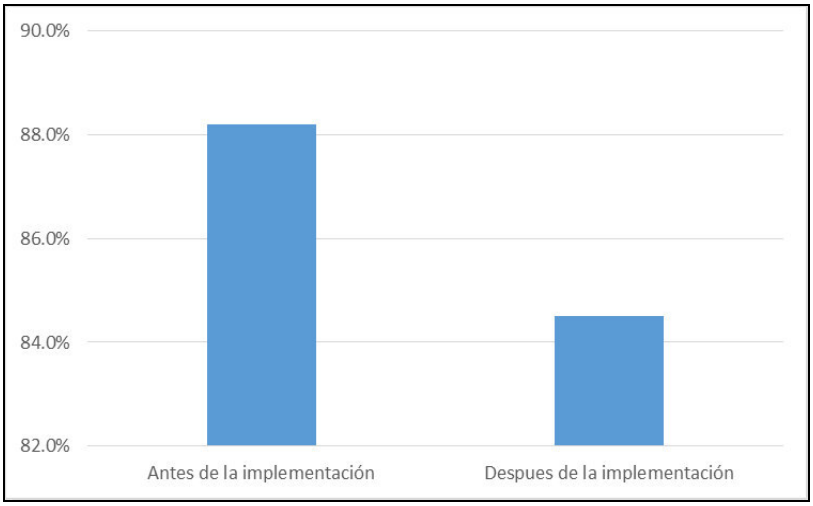


Figura 56. **Costo por unidad despachada.** *Fuente.* Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema RFID para la localización y control de inventarios logra reducir en 46.2% el tiempo de localización y traslado de contenedores.

2. El indicador que mide el nivel de cumplimiento de despachos se incrementó en 2.3 % luego de la implementación, haciendo posible que la empresa aumente la cantidad de clientes programados para atención durante la semana.

3. Después de la implementación, el nivel de cumplimiento de despachos fue del 98.7%, esto debido a que aún existen limitaciones de capacidad y otros problemas en los procesos que realiza el almacén de aduanas.

4. El costo por unidad despachada se redujo en 4.2% respecto al año anterior, valor que puede ser superior al considerar los beneficios que genera la implementación del sistema RFID en las actividades administrativas.

RECOMENDACIONES

1. Con el fin de lograr un aumento en la reducción del tiempo de atención al cliente es recomendable establecer un programa de capacitación para que el personal sea capaz de solucionar problemas técnicos.

2. Para ampliar el alcance del sistema de localización y control de inventarios se podría implementar mecanismos de seguridad en los contenedores que utilicen la tecnología RFID.

3. Con la implementación de procedimientos de control y localización, se podría estandarizar la utilización del sistema RFID mejorando el manejo de la información.

4. La ampliación de la capacidad del área de apertura de contenedores, eliminaría retrasos en los procesos relacionados mejorando el nivel de cumplimiento de despachos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abarca, A. (2010). *Estudio del Sistema de Agentes para el Control de Stock de Almacen basado en Identificacion por Radiofrecuencia.* Obtenido de https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/1497/TESIS%20DEF.pdf?sequence=1

Agencia Peruana de Noticias. (2010). Presidente de Perú destaca importancia de puerto del Callao. *Mundo Marítimo*. Obtenido de http://www.mundomaritimo.cl/noticias/presidente-de-peru-destaca-importancia-del-puerto-del-callao

Aguirre, E. (2010). *Aplicación del Sistema RFID y su Implementacion en el Sector Logístico.* Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/577318.pdf

Alvarado, J. (2008). *Sistema de Control con Acceso RFID.* Obtenido de http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf

APN. (2012). *Autoridad Portuaria Nacional.* Obtenido de http://www.apn.gob.pe/c/document_library/get_file?p_l_id=28267&folderId=1260007&name=DLFE-7734.pdf

Baéz, R. (2013). *Tecnología RFID para el Reconocimiento y Asiganción de Pallets y Rollos de Cartulina en Bodega.* Obtenido de http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcib142t/doc/bmfcib142t.pdf

Bourlakis, M. (2006). Integrating logistic and information technology strategies for sustainable competitive advantage. *Journal of Enterprise Information Management*, págs. 389-402.

Comunidad Andina. (2012). *Informe Anual del Tráfico de Contenedores en los Principales Puertos de la Comunidad Andina 2011.* Obtenido de http://estadisticas.comunidadandina.org/eportal/contenidos/1800_8.pdf

Corro, G. (2012). *Diseño de una Metodología para Evaluar la Implantación de un Sistema RFID en el Proceso de Gestión de Inventarios dentro del Sector Servicios.* Obtenido de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5385/tesis.pdf?sequence=1

Douglas-Westwood. (2005). *World Marine Markets.* Obtenido de http://www.schleswig-holstein.de/STK/DE/Schwerpunkte/EuropaOstseepolitik/Meerespolitik/Download/studieWorldMarine__blob=publicationFile.pdf

Francisco, L. (2014). *Desarrollo de un Proyecto sobre el Analisis y Propuesta de Mejor del Sistema de Gestión de Almacenes de un Operador Logístico.* Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5279/FRANCISCO_LORENA_ANALISIS_PROPUESTA_MEJORA_SISTEMA_GESTION_ALMACENES_OPERADOR_LOGISTICO.pdf?sequence=1

Godinez, L. (2008). *RFID: Oportunidades y Riesgos, su aplicacion practica.* Barcelona: Alfaomega.

Gomez, M. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica.* Córdoba: Brujas.

Hernández, R. (2007). *Identificación de Vehículos Empleando Radiofrecuencia.* Obtenido de http://www.saber.cic.ipn.mx/cake/SABERsvn/trunk/Repositorios/webVerArchivo/319/1

INEI. (2007). *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.* Obtenido de http://desa.inei.gob.pe/censos2007/tabulados/

INEI. (2012). *Perú en Cifras.* Obtenido de http://www.inei.gob.pe/perucifrasHTM/inf-dem/cuadro.asp?cod=3646&name=po06&ext=gif

Municipalidad del Callao. (2010). *Plan de Desarrollo Institucional 2010-2014.* Obtenido de http://municallao.gob.pe/muniCallao/planes.jsp

Municipalidad del Callao. (2011). *Economía.* Obtenido de Recuperado de http://www.municallao.gob.pe/muniCallao/economia.jsp

Organización Mundial del Comercio. (2010). *Comunicados de Prensa 2010*. Obtenido de http://www.wto.org/spanish/news_s/pres10_s/pr598_s.htm

Perez, B. (2009). *Metodologia para el Desarrollo de Aplicaciones RFID.* Obtenido de http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9053/METDESRFID.pdf?sequence=1

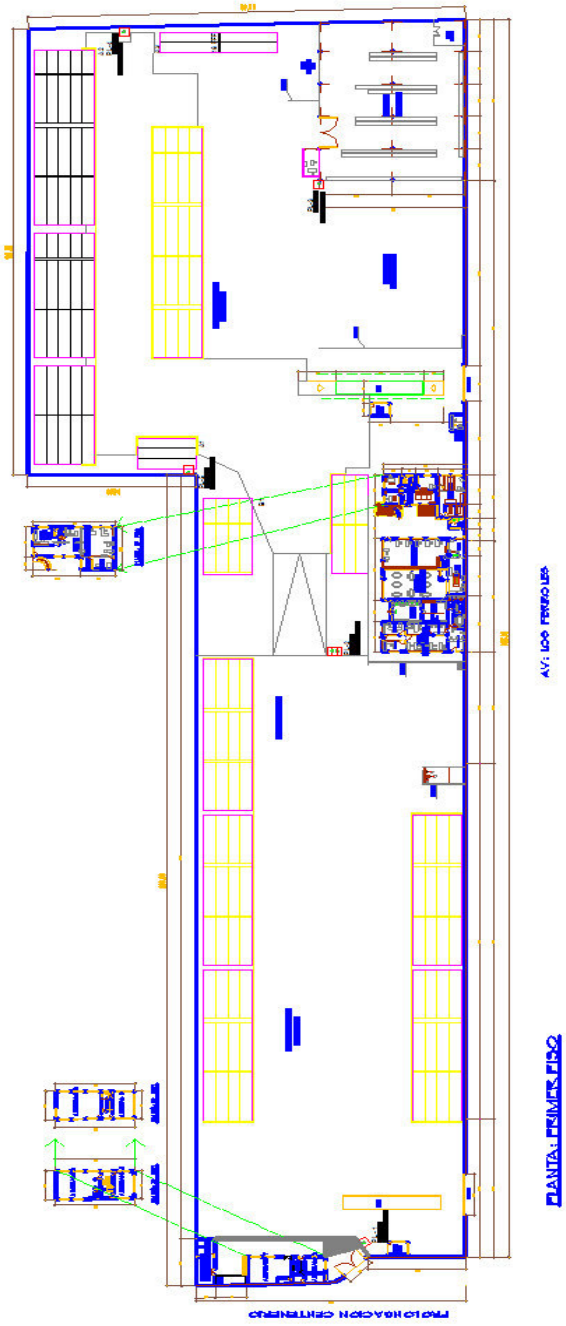
Procopio, M. (2012). *How the container business has evolved in Brazil.*

RPP. (2011). *Puerto del Callao movilizará un millón y medio de contenedores el 2011*. Obtenido de RPP Noticias: http://www.rpp.com.pe/2011-11-18-puerto-del-callao-movilizara-un-millon-y-medio-de-contenedores-el-2011-noticia_423597.html

Yuni y Urbano. (2006). *El Conocimiento Cientifico.* Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/El%20Conocimiento%20Cient%C3%ADfico%20(Yuni,%202006)%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf

ANEXOS

Anexo 1: Plano de Distribución



Anexo 2: Encuesta por correo

PREGUNTA N°1 *

ESTE PROYECTO DE MEJORA QUE SE VIENE REALIZANDO, EN QUE MEDIDA SE ENCUENTRA ALINEADO CON LOS OBJETIVOS DE SU EMPRESA, EN CUANTO A SATISFACCION DEL CLIENTE

- ◯ 1. Muy Bajo
- ◯ 2. Bajo
- ◯ 3. Regular
- ◯ 4. Bueno
- ◯ 5. Muy bueno

PREGUNTA N°2 *

COMO CALIFICA A SAVAR RESPECTO A LOS TIEMPOS EN QUE REALIZA SU SERVICIO.

- ◯ 1. Muy Bajo
- ◯ 2. Bajo
- ◯ 3. Regular
- ◯ 4. Bueno
- ◯ 5. Muy bueno

PREGUNTA N°3 *

COMO CALIFICA A SAVAR EN SU CALIDAD DE SERVICIO

- ◯ 1. Muy Bajo
- ◯ 2. Bajo
- ◯ 3. Regular
- ◯ 4. Bueno
- ◯ 5. Muy bueno

PREGUNTA N°4 *

DEL 1(MENOS IMPORTANTE) AL 5(MUY IMPORTANTE) QUE IMPORTANTES ES PARA USTED UN ÓPTIMO TIEMPO DE SERVICIO?

	1	2	3	4	5
IMPORTACIA DEL TIEMPO DEL SERVICIO	◯	◯	◯	◯	◯

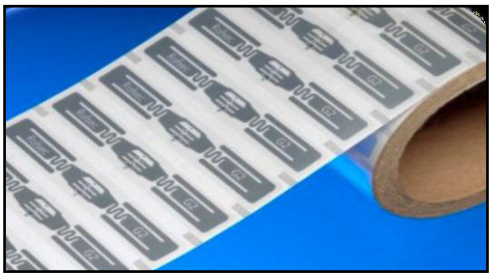
PREGUNTA N°5 *

QUE ORDEN DE IMPORTANCIA LE DA AL SERVICIO QUE BRINDA SAVAR, DONDE 1 ES EL MAS IMPORTANTE Y 4 EL MENOS IMPORTANTE

	1	2	3	4
CALIDAD	○	○	○	○
BAJOS PRECIOS	○	○	○	○
MENOR TIEMPO DE ESPERA	○	○	○	○
CONFIABILIDAD	○	○	○	○

Anexo 3: Equipos del Sistema RFID

Tag pasivo SAAT-T821I



Technical Parameter

Operating Frequency	860-960MHz
EPC Memory	96bit
Encapsulation Material	Paper
Support Protocol	ISO 18000-6C(EPC Class 1 Gen 2)
Working Range	0.3~8m(depends on antenna gain)
Mounted	Adhesion
Dimension	1.1 in×0.4 in(L×W), other size is optional
Operating Temperature	-25℃~+65℃

Tag pasivo ZTHM-150X25.X1-A

Tipo de chip	EPC C1 Gen2, Alien Higgs 3 (también disponible Monza
Memoria	800 bits de memoria no volátil
EPC	96 bits EPC (ampliable a 480 bits)
TID	sí, 64 bits TID únicos
Frecuencia de operación	865 - 968 MHz
Dimensiones	150 (largo) x 25 (ancho) x 12 (alto) mm
Peso	25,8 g
Sujeción	agujeros laterales de 5,8 mm x 8 mm
Material	plástico ABS
Color	Azul
Modos de operación	Pasivo, sin batería
Protección	IP67
Temperatura de almacenamiento	De -40° C a +85° C
Temperatura de trabajo	De -40° C a +85° C

Lector movil android

MODELO: C7	ESPECIFICACIONES
OS	Android OS v4.2.2
CPU	MTK 6582, Quad-Core, ARM Cortex A7, 1.3GHZ
Memoria	• 1G RAM + ROM Flash 4G • Expansión (microSD): 32G (Máximo)
Monitor	Pantalla capacitiva de 7 " Multi-táctil; Resolución: 1280 * 720 dpi
Método de ingreso	2 botón de exploración, 1 botón de encendido, 2 botón de volumen Teclado virtual
Puerto	USB2.0, soporte OTG
Poder	Li-Polímero de la batería 7200mAh (desmontable) Tiempo de espera: 1 semana
Comunicación	• WLAN: Wi-Fi IEEE802.11b / g / n • GSM / GPRS: 850/900/1800/1900 MHz • 3G: WCDMA 850 / 2100MHz (UMTSHSDPA / HSUPA) • Bluetooth 4.0 + EDR
RFID (NFC)	• HF: 13.56Mhz (ISO14443A / B, protocolo 15693), distancia de la lectura los 4cm. • UHF: 920-925Mhz
Cámara	8.0 Mega (trasero), foco auto, con la luz del LED; 2,0 MP (delante)
Escáner de código de barras	• 1D: Escáner láser incorporado 1D Soporte: Code128, EAN-13, EAN-8, Code39, UPC-A, UPC-E, Codabar, Interleaved 2 De 5, China post 25, ISBN / ISSN, Code93, UCC / EAN-128, GS1 Databar, HIBC, etc. • 2D: lector de código de barras incorporado 2D (opcional) Código de barras de apoyo: Código QR, matriz de datos, PDF417, MicroPDF417, códigos compuestos, TLC-39, azteca, Maxicodeetc

Active fixed reader SAAT-F526B

RF Parameters	
Operating frequency	2.400-2.4835GHz
Frequency Points	120
Modulation	GFSK
Communication rate	1Mbps
Output power	-14dBm~+16dBm(software adjustment, 2dBm)
Sensitivity	-95dBm
Communication interfaces	
Communication interfaces	RS-232, 10/100M Adaptive Ethernet, wiegand 26/34 interfaces
Expansion interface	RS-485 interface,
Wireless expansion module	GPRS/GSM, Bluetooth, 802.11 module
I/O port	2- channel relays output , 2- channel trigger input
Firmware upgrade	Support serial port
Application software platform	Provide development kit of API(C++ and C#)
Tag operation	
Tag protocol support	Private Protocol
Reading range	0-200m (depend on the tag power output)
Max simultaneous tag detection	200
Identification speed	200 /s (only for ID number)
Anti-collision	300 tags reading simultaneously
Identifying Accuracy	>99.99%
Mechanical & Electrical performance	
Dimensions	Φ330mm×126mm (excluding stand)
Weight	1.6kg

Active tag SAAT-T504

RF Parameters	
Operating Frequency	2.4-2.48GHz
Output Power	10dBm
Basic Parameters	
Basic ID	4-byte
Operating Mode	Active operating mode
Signal Interval	500ms/time(can be customized)
Battery Life	6–year life (related with the operating mode and output power)
Reading Distance	0-1500M (Active operating mode, test under open environment)
Mechanical & Electrical performance	
Dimensions	4.7 in × 2.0 in × 0.6 in(L ×W × H)
Weight	82g
Operating Temperature	-40℃~+60℃
Storage Temperature	-60℃~+80℃

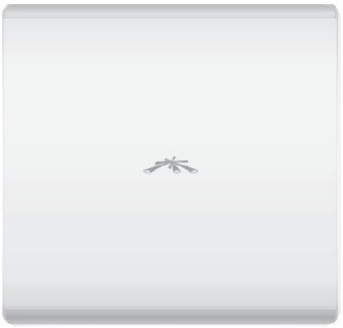
Handheld Reader activo SAAT-H522

	Performance Index
Operating Frequency	2.4-2.48GHz
Sensitivity	-80dBm
Antenna Gain	2dBi
Communication Ports	1 x RS232 DB9; 1 x USB Host port; 1 x USB Sub port
Processor	arvell Xscale PXA 270 624MHz CPU
Operation System	Win CE 5.0
Scanner	1D/2D Barcode Scanning Engine (Optional)
Wireless Communication	Bluetooth v2.0 + EDR; IrDA; EDGE/GPRS Module (Optional); WIFI Module (Optional); GPS Module(Optional)
Display	3.5QVGA (backlight), TFT-LCD 256K, four-wire resistance touch screen
Memory	System Storage 128MB SDRAM, system flash memory 1GB NAND FLASH
	Tag operation
Tag Protocol	Private Protocol
Tag Operating Mode	Compatible with active and passive operating mode tags
Reading Range	0~80m (depends on tag power output)
Identification Speed	100pcs/s (tag ID)
Anti-confliction	Identifying 300pcs tag at the same time
	Mechanical & Electrical performance
Dimensions	223mm×75/100mm×31/42mm;200mm×75/100mm×31/42mm
Weight	400g (including standard battery)
Battery	3.7V lithium battery, 4400mAh
Durability	Drop test from 1.5 m height to cement floor. It can resist three times of collision from three directions on six surfaces.
Voice Frequency	Built-in speaker, microphone and earphone connector
IP Rating	IP65, (IEC60529 standard)
Continuous Working Period	8 hours
Working Temperature	-20℃~+50℃
Storage Temperature	-30℃~+60℃

25dBi MIMO Antenna Array POWERBRIDGE M5

airMAX
MIMO TDMA Protocol

Featuring Super-Efficient
25dBi MIMO Antenna Array



SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES

OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz

5GHz TX POWER SPECIFICATIONS

	DataRate	Avg. TX	Tolerance
11a	1-24Mbps	27 dBm	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	27 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB
	MCS15	21 dBm	+/-2dB

5GHz RX SPECIFICATIONS

	DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
	36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	-78 dBm	+/-2dB
	MCS15	-75 dBm	+/-2dB

PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	445 x 416 x 34mm
Weight	3.82kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabalized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	8 Watts
Power Supply	24V, 1A surge protection integrated POE adapter included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to +80C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

INTEGRATED 2x2 MIMO ANTENNA

Frequency Range	4.9-6.0 GHz	Max VSWR	1.1:1
Gain	24.8-26.5 dBi	H-pol Beamwidth	6 deg.
Polarization	Dual Linear	V-pol Beamwidth	6 deg.
Cross-pol Isolation	28dB minimum	Elevation Beamwidth	6 deg.

Anexo 4: Almacén de carga suelta.